BIBL. NAZIONALE
CENTRALE-FIRENZE
611
18

RADIATION.

PREMIÈRE PARTIE

CALORESCENCE

DEUXIÈME PARTIE

INFLUENCE

DES COULEURS

ET DE LA

CONDITION MÉCANIQUE

SUR LA CHALEUR RAYONNANTE

PAR

M. JOHN TYNDALL.

Mémoires lus à la Société Royale de Londres les [illegible] et [illegible]

TRADUITS DE L'ANGLAIS

PAR M. L'ABBÉ MOIGNO.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DE L'ÉCOLE IMPÉRIALE POLYTECHNIQUE, DU BUREAU DES LONGITUDES,

Successeur de Mallet-Bachelier,

Quai des Augustins, 55.

1867

611
19

RADIATION

PREMIÈRE PARTIE.

CALORESCENCE

DEUXIÈME PARTIE.

INFLUENCE

DES COULEURS

ET DE LA

CONDITION MÉCANIQUE

SUR LA CHALEUR RAYONNANTE

PAR

M. JOHN TYNDALL.

Mémoires lus à la Société royale de Londres, le 23 mars 1865 et le 28 janvier 1866

TRADUIT DE L'ANGLAIS

PAR M. L'ABBÉ MOIGNO.

PARIS
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DE L'ÉCOLE IMPÉRIALE POLYTECHNIQUE, DU BUREAU DES LONGITUDES,
Successeur de Mallet-Bachelier,
Quai des Augustins, 55.

1867

Digitized by Google

Clichy. — Imprimerie Maurice Loignon et Ce, rue du Bac-d'Asnières, 12.

Digitized by Google

PREMIÈRE PARTIE.

CALORESCENCE

Digitized by Google

RADIATION

CALORESCENCE

Forsitan et roseâ sol altè lampade lucens
Possideat multum cœlis fervoribus ignem
Circum se, nullo qui sit fulgore notatus,
Æstiferum ut tantum radiorum exaugeat ictum.

LUCRET., v. 610 [1].

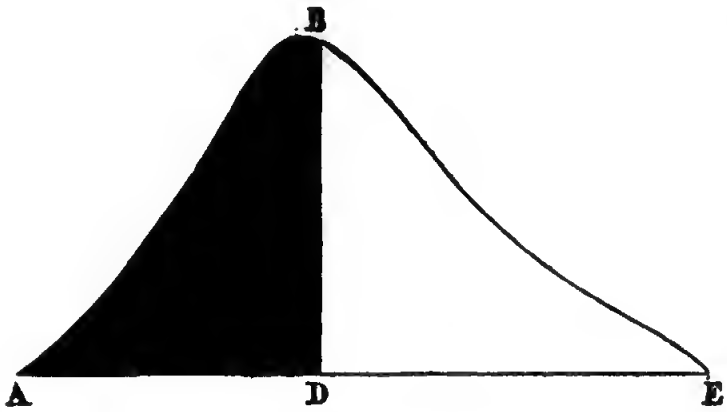
§ 1.

En 1800, dans le même volume des *Transactions philosophiques* qui contient une lettre célèbre de Volta à

[1] Je suis redevable à mon excellent ami sir Edmond Head de cet extrait, qui renferme comme une divination.

sir Joseph Banks sur l'électricité de contact [1], sir William Herschel publia sa découverte des rayons invisibles du soleil. En faisant passer des thermomètres à travers les différentes couleurs du spectre solaire, il détermina leur pouvoir calorifique, et trouva que ce pouvoir, bien loin de finir à l'extrémité rouge du spectre, atteignait un maximum à une certaine distance au delà du rouge. L'expérience a prouvé qu'en outre des rayons lumineux, le soleil en émettait d'autres moins réfrangibles, mais impuissants à produire la vision.

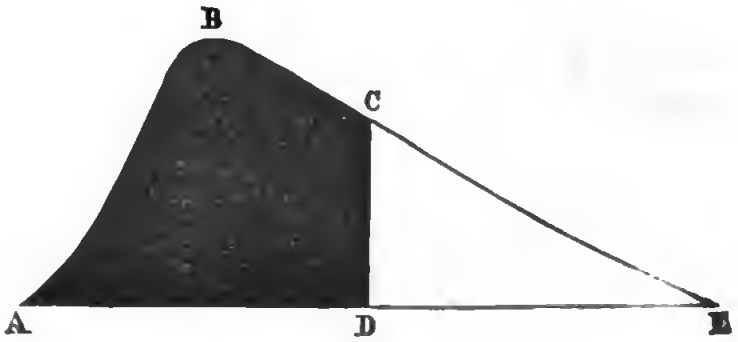
En traçant une ligne donnée pour représenter la longueur du spectre, élevant aux différents points de cette ligne des perpendiculaires pour représenter l'intensité calorifique en chacun de ces points, et joignant les sommets de ces perpendiculaires, sir William Herschel a obtenu la courbe ci-jointe (fig. 1), qui fait connaître la dis-



tribution de la chaleur dans le spectre solaire, d'après

[1] Vol. LXX.

les observations. L'espace ABD représente le rayonnement invisible, et l'espace BDE le rayonnement visible du soleil. Avec l'appareil plus parfait, combiné par lui, plus tard, M. le professeur Müller de Fribourg a examiné la distribution de la chaleur dans le spectre [1], et le résultat de ses observations est reproduit graphiquement dans la fig. 2. Ici l'espace ABCD représente le rayonne-



ment invisible, et l'espace CDE le rayonnement visible.

Relativement aux sources terrestres de chaleur, on peut établir que toutes les sources de cette espèce, étudiées jusqu'à présent, émettent ces rayons obscurs. Melloni a trouvé que la flamme d'une lampe à huile émettait 90 rayons obscurs sur 100, le platine incandescent 98, et la flamme de l'alcool 99 [2]. D'après mes expériences, le rayonnement visible de la flamme de l'hydrogène est trop faible pour pouvoir être mesuré. Relativement aux corps solides, on

[1] *Philosophical Magazine*, sér. 4, vol. XVII, p. 242.

[2] *La Thermochrose*, p. 304.

Digitized by Google

peut dire en général que, quand on les fait passer de l'état d'obscurité à celui de vive incandescence, les rayons invisibles émis en premier lieu continuent d'être émis avec une augmentation de puissance, lorsque le corps devient incandescent. Par exemple, avec un courant d'une faible intensité, les charbons de la lampe électrique peuvent être échauffés au point d'émettre des rayons invisibles. Mais ces mêmes rayons deviendront mille fois plus intenses si on porte ces charbons à la température correspondante à la production de la lumière électrique. Ici les intensités des rayons lumineux et non lumineux augmentent ensemble, et le maximum d'éclat des rayons visibles arrive en même temps que le maximum du pouvoir calorifique des rayons invisibles [1].

Dans les dix ou douze années qui viennent de s'écouler, j'avais eu souvent l'occasion de faire des expériences sur les rayons invisibles de la lumière électrique, et j'ai fini par en faire l'objet d'une étude spéciale. Ce mémoire contient le résultat de mes recherches. J'essaie d'abord de comparer entre eux le rayonnement lumineux et le rayonnement non lumineux de la lumière électrique, et de déterminer leur énergie relative; j'indique un procédé pour séparer les rayons lumineux des rayons non lumineux; et je décris les expériences qui mettent en évidence le pouvoir calorifique des rayons invisibles, et les transformations dont ils sont susceptibles.

[1] Voyez sur ce point la *Rede lecture* pour 1865, traduite sous ce titre : *Sur la radiation;* Paris, Étienne Girard, 1865. P. 33 (Longman).

§ 2.

L'instrument employé par M. le professeur Müller dans les recherches dont j'ai parlé, était une forme de la pile électrique imaginée par Melloni pour étudier cette question et celles qui s'y rattachent. Grâce à la bienveillance de mon ami M. Gassiot, j'ai eu à ma disposition, pendant quelques années, un instrument de ce genre, construit par M. Ruhmkorf, et je m'en suis souvent servi. Il est formé d'un double écran métallique, avec une ouverture ou fente au centre ; une seule rangée d'éléments thermo-électriques, longue de 3 centimètres, est fixée à l'écran derrière l'ouverture. A cet écran sont attachées deux pièces mobiles, qu'on peut approcher ou éloigner l'une de l'autre, de manière à faire varier la largeur de la face exposée de la pile de zéro à $2^{mm},5$. L'instrument est monté sur un glisseur que l'on fait mouvoir à l'aide d'un manche le long d'une tige fixée sur un support massif de métal. Un spectre d'une largeur égale à la longueur de la pile thermo-électrique est projeté à une hauteur convenable sur l'écran ; on peut faire, en tournant le manche du glisseur, que la fente verticale de la pile corresponde tour à tour aux diverses couleurs et aux intervalles qui les séparent à droite et à gauche.

Pour former un spectre constant de la lumière électrique, je me suis servi du régulateur inventé par M. Foucault et construit par M. Duboscq, dont la sensi-

Digitized by Google

bilité est parfaite. Un ensemble complet de pièces de sel gemme a été taillé pour moi par M. Becker, et disposé de la manière suivante : Dans l'orifice antérieur de la caisse qui contient la lampe électrique, on a placé une lentille de sel gemme transparent destinée à ramener au parallélisme les rayons divergents émanés des pointes de charbon. On fait passer le faisceau parallèle à travers une fente étroite en avant de laquelle on a dressé une seconde lentille de sel gemme, de telle sorte qu'elle forme une image très-nette[1] de la fente à une distance égale à celle où le spectre doit apparaître. Immédiatement derrière cette lentille, on place un prisme de sel gemme pur (quelquefois deux prismes). Le faisceau de lumière émis par la fente est décomposé ; il se forme un spectre horizontal brillant sur l'écran qui porte la pile thermo-électrique ; et, en faisant tourner le manche dont il a été parlé, on peut faire que la pile traverse tout le spectre, et qu'une bande très-étroite de lumière ou de chaleur rayonnante tombe sur elle à chaque point de sa marche[2]. Un galvanomètre sensible est en communication avec la pile et l'on détermine le pouvoir calorifique de chaque partie du spectre, visible ou invisible, par les déviations de l'aiguille.

On a fait marcher l'instrument de deux manières. La

[1] La largeur de l'image était d'environ 0,1 de pouce (2,5 millimètres).

[2] La largeur de la pile linéaire était de 0,03 de pouce (0,75 de millimètre).

Digitized by Google

face de la pile a d'abord passé successivement du violet extrême du spectre, où la chaleur était insensible, par toutes les autres couleurs jusqu'au rouge, puis du rouge au lieu du maximum de chaleur, et de ce lieu au point où la chaleur du spectre invisible s'évanouissait graduellement. La table suivante contient une série de mesures prises de cette manière. Le mouvement de la pile est mesuré par les tours de son manche, chaque tour correspond à un déplacement d'un millimètre, ou $\frac{1}{25}$ de pouce parcouru par la face de l'instrument.

Dans le commencement, lorsque l'accroissement de la chaleur était lent et graduel, les indications étaient prises tous les deux tours du manche; en partant du rouge, où la chaleur augmente subitement, les intervalles n'ont été que d'un demi-tour, et près du maximum, où les changements étaient très-rapides; les intervalles ont été réduits à un quart de tour, ce qui correspond à un déplacement de la pile d'un centième de pouce (0,025 de millimètre). On est revenu ensuite aux intervalles d'un et de deux tours, jusqu'à ce que le pouvoir calorifique cessât d'être sensible. A chaque point d'arrêt on notait la déviation de l'aiguille; l'étendue de la déviation, rapportée au premier degré pris pour unité, est donnée dans la première colonne du tableau. On a trouvé commode d'exprimer par 100 l'effet maximum dans chaque série d'expériences. Les nombres de la seconde colonne, obtenus en multipliant ceux de la première par le facteur constant 1,37, expriment les chaleurs de toutes les régions du spectre rapportées à ce maximum.

Tableau I. — Distribution de la chaleur dans le spectre de la lumière électrique.

Déplacement de la pile.	Étendue de la déviation.	Intensité de la chaleur en 100e du maximum.
Avant le point de départ (la pile dans le bleu).....	0,0	0,0
Deux tours de marche (entrée dans le vert).....	1,5	2,0
—	3,5	4,8
—	5,5	7,5
— (entrée dans le rouge)..	15,5	21,0
— (rouge extrême).....	32,6	44,6
Un demi-tour de marche.....	44,0	60,0
—	54,0	74,0
—	62,0	85,0
—	70,0	95,8
—	72,5	99,0
Un quart de tour de marche, *maximum*.....	73,0	100,0
—	70,8	97,0
Un demi-tour de marche.....	57,0	78,0
—	45,5	62,0
—	32,6	44,5
—	26,0	35,6

Digitized by Google

Deux tours de marche.....	10,5	14,4
—	6,5	9,0
—	5,0	8,6
—	3,5	5,0
—	2,5	3,4
—	1,7	2,3
—	1,3	1,8

Ici, comme il a été dit, nous commençons par le bleu, et nous traversons d'abord par le spectre visible. En le quittant à l'endroit marqué « (rouge extrême), » nous entrons dans le spectre calorifique invisible et nous atteignons le point de maximum de chaleur, à partir duquel le pouvoir thermique s'affaiblit jusqu'à ce qu'il disparaisse.

Dans d'autres séries d'observations, la pile était d'abord installée au point du maximum de chaleur; puis amenée de ce point à l'extrémité du spectre dans une direction. On la ramenait ensuite au point maximum, et on la faisait revenir à l'extrémité dans la direction opposée. Il y avait en général entre les deux maxima une petite différence, provenant, sans doute, d'un léger changement dans la lumière électrique pendant le temps écoulé entre les deux observations. La table suivante contient une série de mesures prises de cette manière : comme dans le premier cas, le déplacement de la pile est mesuré par les tours du manche, et l'étendue des déviations est donnée en centièmes du maximum.

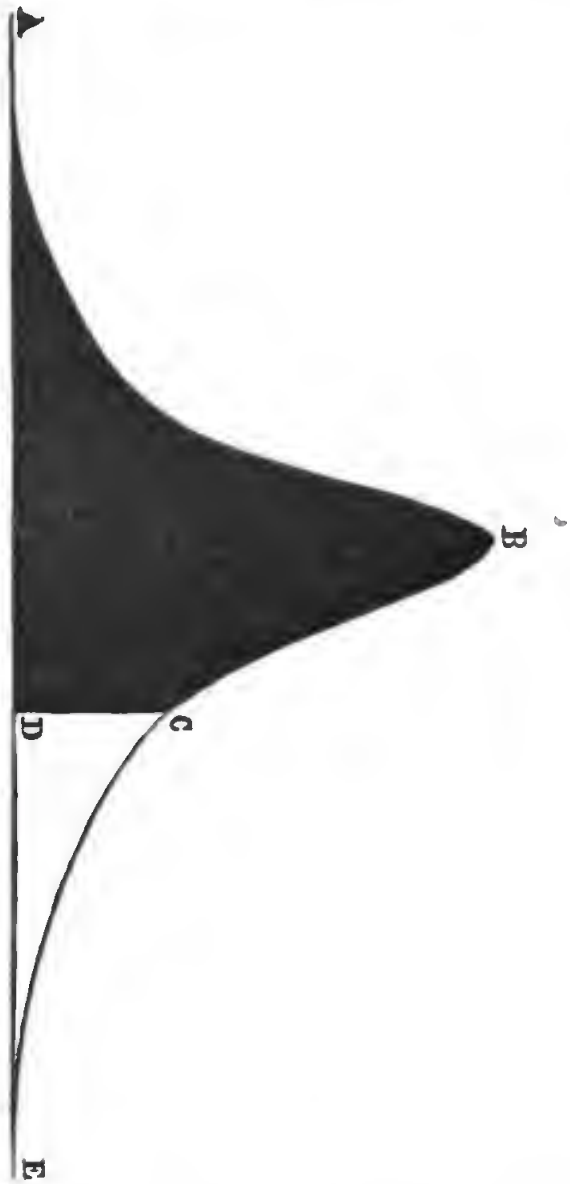
Digitized by Google

Tableau II. — *Distribution de la chaleur dans le spectre de la lumière électrique.*

Mouvement de la pile.	Intensité de la chaleur en centièmes du maximum.
Maximum.....	100,0
Un tour en allant vers le spectre visible....	94,4
— —	65,5
— —	42,6
— — (rouge extrême)	28,3
— — —	20,0
— — —	14,8
— — —	11,1
Deux tours dans le même sens (entrée dans le vert).....	7,4
— —	4,6
— —	2,0
— (la pile dans le bleu)..	0,9
La pile ramenée au maximum.	
Maximum.....	100,0
Un tour en s'éloignant du spectre visible.. .	67,1
— —	41,6
— —	23,0
— —	13,0
— —	9,4
Deux tours —	5,0
— —	3,4
— —	0,0

Digitized by Google

On a fait plus de douze séries de mesures semblables ; chaque série a donné sa courbe propre ; et en superposant les différentes courbes, on a trouvé qu'elles s'ac-



cordaient parfaitement entre elles. La courbe ci-jointe (fig. 3), qui est la moyenne de plusieurs courbes, exprime

avec une très-grande approximation la distribution de la chaleur dans le spectre de la lumière électrique de cinquante éléments de Grove.

L'espace ABCD représente le rayonnement invisible, et CDE le rayonnement visible. On voit ici que l'intensité du pouvoir thermique augmente graduellement de l'extrémité bleue à l'extrémité rouge du spectre, et que, dans la région des rayons obscurs au delà du rouge, la courbe s'élevant subitement, forme un pic escarpé et massif, qui, par sa grandeur, fait paraître très-chétive la partie de la figure qui représente la radiation visible [1].

Les rayons du soleil, avant d'arriver à la terre, ont à traverser l'atmosphère où ils rencontrent la vapeur aqueuse atmosphérique, qui exerce une puissante absor-

[1] Comment faut-il se figurer que vibrent les atomes qui produisent les différentes longueurs d'ondes du spectre? Le nombre infini de ces dernières, entre les limites extrêmes du spectre, correspond-il à une infinité d'atomes oscillant chacun d'une seule manière, ou bien devons-nous nous figurer les atomes comme étant virtuellement capables d'osciller à des degrés différents en même temps? Quand un son et son octave se propagent à travers la même masse d'air, le mouvement de l'air qui en résulte est la somme algébrique des deux mouvements distincts qui lui ont été imprimés. L'oreille décompose ce mouvement en ses deux composantes. (Helmholtz, *Ton-Empfindungen*, p. 54); sans que nous puissions admettre ici que parmi les molécules d'air les unes propagent un son, les autres un autre son. Ce qui est vrai pour l'air ne pourrait-il pas l'être pour l'éther? Un seul et même atome, dans un corps solide, poussé et heurté comme il l'est par ses voisins, ne serait-il pas capable d'imprimer à l'éther un mouvement équivalent à la somme des

ption sur les rayons de chaleur invisibles. Il doit résulter de là, indépendamment de toute autre considération, que le rapport du rayonnement invisible au rayonnement visible, dans le cas du soleil, doit être bien moindre que dans le cas de la lumière électrique.

Nous voyons que l'expérience confirme cette conclusion ; car, tandis que la figure 2 nous montre le rayonnement invisible du soleil, à peu près double du rayonnement visible, la figure 3 nous montre le rayonnement invisible de la lumière électrique, près de huit fois aussi grand que le rayonnement visible. Si l'on fait passer le faisceau de lumière électrique à travers une couche d'eau d'une épaisseur convenable, on met son rayonnement à peu près dans les mêmes conditions que celui du soleil ; et en décomposant le faisceau après qu'il a été ainsi tamisé,

mouvements de différents atomes oscillant chacun d'une manière différente ?

Chose remarquable, il paraît que pour tous les corps solides ayant la même température, il y a un degré déterminé de vibration où la force vive de leurs atomes est un maximum. Si au lieu de la lumière électrique nous examinons la lumière de la craie, ou d'un fil de platine porté à l'incandescence par la flamme oxy-hydrogène, nous trouvons que le sommet de la courbe de distribution (B, fig. 3) correspond toujours, à très-peu près, sinon exactement, au même degré de réfrangibilité. Il semble donc qu'il existe une température particulière sous laquelle les atomes des corps solides chauffés oscillent avec une énergie plus grande qu'à toute autre température ; une sorte de période invisible, aussi éloignée de l'extrême rouge du spectre dans la partie invisible, que le commencement du ver- dans la partie visible.

on obtient une distribution de la chaleur très-semblable à celle qu'on observe dans le spectre solaire.

La courbe représentant la distribution de la chaleur dans le spectre de la lumière électrique, descend très-brusquement du côté du maximum le plus éloigné du rouge, et des deux côtés on constate un abaissement continu. J'ai fait un grand nombre d'expériences pour reconnaître s'il y avait quelque solution de continuité dans le spectre calorifique; mais toutes les mesures prises jusqu'ici, sur des sources artificielles, révèlent un accroissement graduel et continu de la chaleur du point où elle commence à être sensible, jusqu'au point maximum. Sir John Herschel a démontré que cela n'avait pas lieu dans le rayonnement du soleil, quand on l'analyse avec un prisme de flint-glass. En faisant tomber le spectre solaire sur une feuille de papier noirci, sur laquelle on avait répandu de l'alcool, cet éminent physicien a déterminé le pouvoir échauffant du spectre par son pouvoir vaporisant ou desséchant. Il a trouvé que la surface mouillée formait, en se séchant, une série de taches, représentant des maxima thermiques, séparés les uns des autres par des espaces d'une intensité calorifique comparativement faible. On n'a pas observé de maxima et de minima semblables dans le spectre de la lumière électrique, ni dans celui d'un fil de platine chauffé à blanc, par un courant voltaïque.

On a employé dans ces expériences des prismes et des lentilles de sel gemme, de crown-glass et de flint-glass. Dans des expériences subséquentes, on a fait passer le

faisceau que l'on voulait analyser à travers des couches d'eau et d'autres liquides de différentes épaisseurs. On a aussi placé sur le passage du faisceau des gaz et des vapeurs de différentes sortes. Dans tous les cas, il y a eu généralement une diminution du pouvoir calorifique, mais l'abaissement graduel de la courbe des deux côtés du maximum, n'a pas cessé [1].

§ 3.

Les rayons émanés d'une source obscure, ont une intensité comparativement plus faible que celle des rayons obscurs d'une source lumineuse. Aucun corps non chauffé jusqu'à l'incandescence, ne peut émettre de rayons d'une intensité comparable à celle de la région où se trouve le maximum de chaleur du spectre électrique. Si donc on veut faire produire des effets calorifiques intenses à des rayons invisibles, on doit choisir ceux qui émanent d'une source de lumière vive. La question est alors de savoir comment on isolera les rayons invisibles des rayons visibles. L'interposition d'un écran opaque suffit pour intercepter le spectre visible de la lumière électrique, et permettre d'opérer à volonté sur les rayons calorifiques invisibles. Sir William Herschel a expérimenté de cette sorte, lorsqu'il a cherché à rendre visibles les rayons

[1] J'espère soumettre un jour cette question à un examen plus sévère.

invisibles du soleil en les concentrant. Mais pour former un spectre dans lequel les rayons invisibles soient complétement séparés des rayons visibles, il faut une fente étroite ou une petite ouverture ; et cette circonstance rend très-limitée la quantité de chaleur séparable par l'analyse prismatique. Pour savoir ce que peuvent produire les rayons invisibles fortement concentrés, il faut donc trouver un autre moyen de les séparer de leurs compagnons visibles. Il faut découvrir une substance qui tamise les rayons complexes d'une source lumineuse, en arrêtant les rayons visibles et laissant le passage libre aux rayons invisibles.

Dans le cas où l'on pourrait avoir un corps simple *noir*, parfaitement homogène, et dont toutes les parties fussent en contact optique parfait, certaines expériences déjà publiées me font espérer qu'un corps de cette nature jouerait efficacement le rôle de filtre, relativement au rayonnement solaire ou électrique : en interceptant les rayons visibles, il laisserait passer, je pense, les rayons invisibles. Le carbone à l'état de suie est noir, mais ses parties n'ont pas une continuité optique. Dans le verre noir cette continuité est bien plus parfaite ; de là le résultat démontré par Melloni, que le verre noir possède un pouvoir de transmission considérable. L'or dans le verre rouge rubis, ou à l'état de gelée, comme l'a préparé M. Faraday, est extrêmement transparent pour les rayons calorifiques invisibles, mais il n'est pas assez noir pour éteindre entièrement les rayons visibles. Le brome liquide, d'un brun foncé, convient mieux pour notre dessein ; car, sous une épaisseur suffisante pour éteindre la lumière de

Digitized by Google

nos flammes les plus brillantes, cet élément présente une diathermancie extraordinaire. L'iode ne peut être employé à l'état solide, mais il se dissout très-bien dans différents liquides, et, dans certains cas, la solution est extrêmement foncée. Mais quelque fois l'action de l'élément peut être masquée par celle de son dissolvant. Par exemple, l'iode se dissout très-bien dans l'alcool ; mais l'alcool annule tellement les rayons ultra-rouges, qu'il serait tout à fait impropre à des expériences ayant pour objet de conserver ces rayons, en éteignant les rayons visibles. La même remarque s'applique, plus ou moins, à plusieurs autres dissolvants de l'iode.

La manière dont se comporte le sulfure de carbone, en vapeur ou à l'état liquide, permet de penser qu'il constituerait un dissolvant très-convenable. Il est extrêmement diathermane, et il n'est guère d'autres substances capables de tenir en dissolution une aussi grande quantité d'iode. Des expériences déjà citées prouvent que, sur 100 rayons émis par une spirale de platine chauffée au rouge, 94,5 sont transmis par une couche de sulfure de carbone liquide de 0,5 de millimètres d'épaisseur ; les quantités transmises à travers des couches de 1,75 et 6,75 millimètres, sont respectivement de 87,5 et de 82,5 pour cent [1]. L'expérience suivante, avec une couche d'une épaisseur beaucoup plus grande, fait voir la manière dont se comporte le bisulfure transparent à l'égard du rayon-

[1] *Philosophical transactions*, vol. CLIV, p. 333 ; *Philosophical magazine*, sér. 4 vol. XXVIII, p. 446.

nement plus intense de la lumière électrique. Un vase cylindrique, de 5 centimètres de longueur et de 7 centimètres de diamètre, ayant ses extrémités fermées par des plaques de sel gemme parfaitement transparentes, a été placé vide en face d'une lampe électrique ; le rayonnement de la lampe, après avoir traversé le vase, tombait sur une pile thermo-électrique, et produisait une déviation de

73°.

Laissant le vase en place, on y a versé le bisulfure transparent de carbone ; la déviation est tombée à

72°.

L'expérience répétée a donné les résultats suivants :

	Déviation.
A travers le vase vide.....	74°
A travers le bisulfure.....	73°

En prenant les valeurs de ces déviations dans une table de réduction et calculant la transmission, celle du vase vide étant 100, on obtient les résultats suivants :

	Transmission
Pour la première expérience.....	94,9
Pour la deuxième expérience.....	94,6
Moyenne.....	94,8

Il suit de là que l'introduction du bisulfure n'a abaissé la transmission que de 100 à 94,8 [1].

[1] On n'a pas tenu compte ici de la destruction partielle de la réflexion sur les parois du vase, destruction opérée par l'introduction du bisulfure.

Digitized by Google

Un dissolvant *parfait* de l'iode ne diminuerait pas du tout le rayonnement total ; et l'expérience précédente prouve que le bisulfure de carbone n'est pas très-éloigné de la perfection. Nous avons en lui un corps capable de transmettre avec peu de perte, le rayonnement total de la lumière électrique. Notre objet maintenant, est de tamiser ce rayonnement total, en introduisant dans le bisulfure une substance capable d'éteindre les rayons visibles et de transmettre les rayons invisibles. C'est ce que fait l'iode avec une rigueur merveilleuse. Dans un court mémoire « *Sur le rayonnement lumineux et le rayonnement obscur* », publié dans le *Philosophical magazine*, de novembre 1864, la diathermancie de cette substance est mise en évidence par le tableau suivant :

TABLEAU III. — *Rayonnement à travers l'iode dissous.*

Source.	Transmission.
Spirale obscure de fil de platine.....	100
Noir de fumée à 100° C.....	100
Spirale de platine chauffée au rouge.....	100
Flamme de l'hydrogène.....	100
Flamme de l'huile.....	97
Flamme du gaz.....	96
Spirale chauffée à blanc.....	95,4
Lumière électrique, pile de 50 éléments.	90

Ces expériences ont été faites de la manière sui-

Digitized by Google

vante : on a d'abord rempli de bisulfure un vase transparent de sel gemme, et on a déterminé la chaleur transmise à la pile par le liquide pur. On a ensuite rempli le même vase de la solution opaque, et on a aussi déterminé la quantité de chaleur qu'elle transmettait. En désignant par 100 la transmission à travers le liquide transparent, la table précédente donne la transmission à travers le liquide opaque. Il est clair que les résultats se rapportent seulement à l'iode dissous dans le bisulfure ; la transmission 100, par exemple, indiquant que, non la solution elle-même, mais le corps dissous, est, dans les limites des erreurs possibles, parfaitement diathermane aux rayons émanés des quatre premières sources.

La couche de liquide employée dans ces dernières expériences, n'était pas assez épaisse pour éteindre complétement le rayonnement lumineux de la lampe électrique. C'est pourquoi on construisit un vase dont les faces parallèles étaient distantes de 5,75 centimètres, et qui, rempli de la solution d'iode, ne laissait passer aucune trace du faisceau lumineux le plus fortement concentré. Cinq couples d'expériences faites avec ce vase, ont donné les résultats suivants :

Rayonnement d'une lumière électrique, pile de 40 éléments.

	Déviation.
A travers le bisulfure transparent..	47,0 ; 46,0
A travers la solution opaque.....	42,3 ; 43,5

	Déviation.
A travers le bisulfure transparent..	44,0 ; 43,7
A travers la solution opaque.....	41,2 ; 40,0
A travers le sulfure transparent...	42,0 ; 43,0

En représentant par 100 la transmission à travers le liquide transparent, et en prenant la moyenne de toutes les déterminations, on trouve par le calcul que la transmission à travers la solution opaque, est de 86,8. Il y a donc une absorption de 13,2 pour cent produite par l'iode. C'est le résultat obtenu avec une pile de quarante éléments ; des expériences subséquentes avec une pile de cinquante éléments, ont donné une transmission de 89 et une absorption de 11.

En considérant la transparence de l'iode pour la chaleur émise par toutes les sources de chaleur incandescente, comme on la trouve dans le Tableau III, on peut conclure que l'absorption précédente de 11 pour cent, représente l'intensité calorifique des *rayons lumineux* seuls. Ainsi par le procédé de filtrage, nous trouvons que le rayonnement invisible de la lumière électrique, est égal à huit fois son rayonnement visible. En calculant avec une échelle convenable la superficie des espaces ABCD, CDE (*fig.* 3.), on trouve que la première, qui représente l'émission invisible, est égale à 7,7 fois la dernière. L'analyse prismatique et le procédé de filtrage donnent donc presque exactement le même résultat.

§ 4.

Dans la combinaison du bisulfure de carbone et de l'iode, nous trouvons le moyen de filtrer le rayonnement complexe émané d'une source lumineuse. Le bisulfure est transparent; au contraire, l'iode dissous intercepte tous les rayons visibles; et son pouvoir d'absorption diminue avec une rapidité extraordinaire à mesure qu'on approche du rouge extrême du spectre. Sans doute que l'absorption s'étend un peu au delà du rouge, et qu'avec une très-grande épaisseur de la solution, l'absorption des rayons extra-rouges pourrait devenir très-sensible; mais rien n'empêche de l'employer en couches d'épaisseur telle qu'elle intercepte toute trace de lumière, tout en permettant aux rayons calorifiques invisibles de passer avec une diminution à peine sensible.

Le *filtrage des rayons* qui vient d'être décrit a été employé en public, pour la première fois, au commencement de l'année 1862 [1]. Après avoir concentré avec une grande lentille le rayonnement de la lampe électrique, j'interceptai la partie visible de ce rayonnement avec la solution d'iode, et je formai des foyers d'une intensité calorifique alors inconnue. Dans l'automne de 1864, des expériences semblables furent faites avec des lentilles de

[1] *Philosophical transactions*, 1862, p. 67, note.

sel gemme et des miroirs. Le mémoire « sur le rayonnement lumineux et le rayonnement obscur, » déjà cité, contient un exposé de différents effets de combustion et de fusion obtenus alors avec les rayons invisibles de la lumière électrique et du soleil ([2]). On passa immédiatement de la combustion du papier et de la fusion des mé-

[2] Aux expériences rappelées ici on peut ajouter les suivantes, qui furent faites dans le même temps. Un globe de verre de 9,78 centimètres de diamètre a été rempli avec la solution opaque et placé devant la lampe électrique. Un foyer intense de rayons invisibles se forma immédiatement derrière le globe. Du papier noir placé a ce foyer fut percé, et il se produisit un anneau de feu. Un autre ballon sphérique de 22,5 centimètres, fut rempli avec la solution et employé comme lentille convergente, mais les effets furent moins puissants que ceux obtenus avec le ballon plus petit.

Deux lentilles plan-convexes de sel gemme, de 7,5 centimètres de diamètre, furent placées avec leurs faces planes opposées l'une à l'autre, et séparées par un anneau de cuivre de 0,93 centimètres d'épaisseur. L'espace entre les faces planes était rempli avec la solution, et l'on avait ainsi une lentille opaque. Du papier fut brûlé avec cette lentille. Mais dans aucune de ces expériences le papier ne put flamber. Des lentilles creuses plan-convexes, remplies de la solution, n'ont pas produit d'effet; celles dont j'ai pu disposer avaient une trop grande distance focale.

M. Mayall eut l'extrême obligeance de faire transporter de Brighton à Londres sa grande chambre photographique, pour que je pusse opérer avec le magnifique objectif, de 50 centimètres de diamètre, qui fait partie de cet instrument. L'expérience n'a pas eu de succès; mais on verra plus loin que la lentille creuse et la grande lentille produisent l'une et l'autre leur effet lorsque l'on emploie les rayons parallèles du soleil au lieu des rayons divergents de la lampe électrique.

taux non réfractaires à l'incandescence des corps réfractaires. Pour empêcher la perte de chaleur par la conduction, il fallut employer les métaux en lames aussi minces que possible. Quelques expériences préliminaires avec une feuille de platine n'ayant pas donné de résultat, on se demanda si, même avec le *rayonnement total* de la lumière électrique, il serait possible d'obtenir l'incandescence sans combustion. Abandonnant tout à fait l'emploi des lentilles, je fis approcher une feuille mince de platine des pointes de charbon en ignition. J'observais derrière la lampe pendant que mon assistant se tenait devant, et, en regardant à travers un verre noirci, je mesurais la distance entre la feuille de platine et la lumière électrique. A la distance d'un demi-pouce (1,25 centimètres) des pointes de charbon le métal rougit. Le problème était alors d'obtenir, à une plus grande distance, un foyer dont le pouvoir échauffant fût égal à celui des rayons directs à la distance d'un demi-pouce.

Dans le premier essai, on a utilisé autant que possible les rayons directs. Une feuille de platine fut placée à un pouce (2,5 centimètres) des pointes de charbon, où elle recevait le rayonnement direct. Les rayons émis en arrière par les pointes étaient en même temps réfléchis convergents sur la feuille par un petit miroir, et l'intensité de ce double foyer fut plus que suffisante pour compenser la diminution d'intensité due à l'éloignement de la feuille, à la distance d'un pouce. On obtint plus tard l'incandescence par le même procédé, quand on eût éloigné la feuille à deux et trois pouces des pointes de charbon.

Digitized by Google

Cette dernière distance me permit d'introduire entre le foyer et la source des rayons un vase contenant la solution d'iode; les rayons obscurs transmis se trouvèrent assez intenses pour enflammer du papier, et porter une feuille de platine à l'incandescence.

Ces expériences ne se faisaient pas sans danger. Le bisulfure de carbone est une substance extrêmement inflammable, et, le 2 novembre, pendant que je me servais d'une pile très-puissante et de pointes de charbon d'une chaleur extrêmement intense, la solution prit feu et enveloppa à l'instant de flammes la lampe électrique et tous ses accessoires. On avait heureusement pris la précaution de placer tout l'appareil dans un vase plat contenant de l'eau qui reçut la plus grande partie du liquide inflammable. Le bisulfure de carbone étant plus lourd descendit au fond et la flamme fut bientôt éteinte. Deux accidents semblables suivirent de près celui-ci, et me décidèrent à chercher une substance qui pût remplacer le bisulfure. Le chloroforme, quoique moins transparent ou diathermane, transmet les rayons obscurs en très-grande abondance et dissout très-bien l'iode. Mais à épaisseur égale, la solution n'est pas suffisamment opaque, et, en raison de son pouvoir absorbant, les effets obtenus sont comparativement faibles. La même remarque s'applique aux iodures de méthyle et d'éthyle, au benzol, à l'éther acétique, etc., etc. Tous ces corps dissolvent l'iode, mais ils affaiblissent les effets par leur action sur les rayons extra-rouges.

Le brome et le chlorure de soufre ne sont pas inflam-

mables, mais ils sont extrêmement corrosifs ; leur action sur les poumons et sur les yeux est tellement irritante qu'elle rend leur emploi impraticable ; ils m'ont donné des effets puissants, mais leur diathermancie, quoique très-grande, n'approche pas celle de l'iode. Le bichlorure de carbone, serait très-précieux si son pouvoir dissolvant était égal à celui du bisulfure. Il n'est nullement inflammable, et sa diathermancie paraît surpasser celle du bisulfure. Mais, sous une épaisseur raisonnable, la quantité d'iode qu'il peut dissoudre ne suffit pas à rendre la solution parfaitement opaque; sa couleur pourpre est d'une beauté indescriptible, et quoique impropre à des expériences rigoureusement exactes, elle m'a donné de bons effets dans certaines classes d'expériences.

Mes essais pour obtenir un dissolvant aussi bon et moins dangereux que le bisulfure de carbone ayant toujours échoué, je dus me résigner à rendre le moins dangereux possible l'emploi de mon premier agent. J'avais fait construire une chambre d'étain; je plaçai dans son intérieur la lampe et son miroir. Le cône de rayons réfléchis, formant foyer en dehors de la chambre, sortait par une ouverture de 6,88 centimètres de largeur. Au-dessous de cette ouverture était un support portant la solution d'iode, qui fermait l'ouverture et interceptait toute la lumière. Je m'étais d'abord servi, pour fermer l'ouverture, d'une plaque de sel gemme parfaitement transparente, enchâssée sur une monture spéciale, et qui interceptait toute communication entre la solution et les charbons incandescents. Mais la chambre elle-même s'échauffait rapide-

ment par le rayonnement intense auquel elle était exposée, et la solution contenue dans le vase s'échauffait encore sous la double influence des parois de la chambre et des rayons lumineux qu'il absorbait ; j'entourai l'ouverture d'un espace annulaire de 6,25 centimètres environ de diamètre et de 6 millimètres d'épaisseur, et j'y fis circuler de l'eau froide. De plus, le vase contenant la solution avait une double enveloppe dans laquelle passait le courant, après avoir achevé sa marche autour de l'ouverture. L'appareil était ainsi maintenu froid. Le col du vase était fermé par un bouchon fermant hermétiquement, et traversé par un tube qui, lorsque le vase était placé sur son support, se terminait à une grande distance du foyer du miroir.

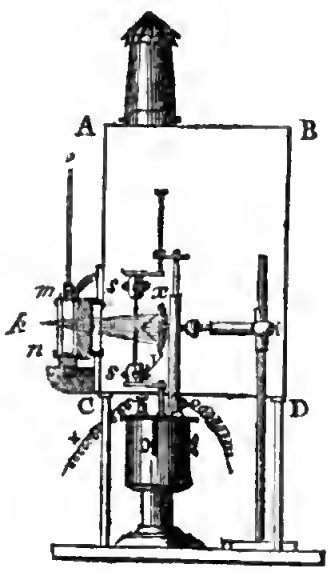


Fig. 4 *a*.

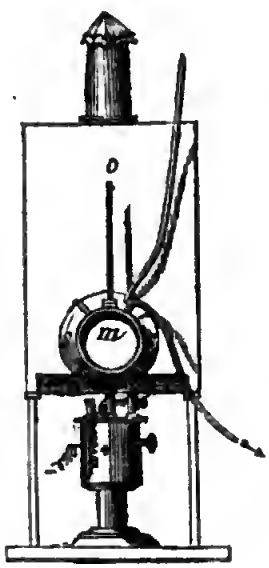


Fig. 4 *b*.

On pouvait donc faire des expériences de combustion sans craindre d'enflammer la plus petite quantité de la

vapeur qui, malgré les précautions prises, pouvait s'échapper du bisulfure de carbone. On comprendra sur-le-champ ces dispositions en se reportant aux deux figures *4 a* et *4 b*, qui représentent la chambre, la lampe et le tamis, vus de côté et en face : *xy* est le miroir qui renvoie le cône de rayons réfléchis d'abord à travers la fenêtre de sel gemme (qui n'est pas ombrée), puis à travers le tamis d'iode *m n* ; les rayons convergent au foyer *k*, où ils forment une image invisible de la pointe du charbon inférieur ; l'image de la pointe supérieure descend au-dessous de *k*, et les deux images brillent d'un vif éclat sur une feuille de platine platiné placée au foyer ; *s s*, fig. *4a* est la section de l'espace annulaire où circule l'eau froide ; on voit, fig. *4b*, comment l'eau entre dans cet espace et se rend de là dans l'enveloppe qui environne le vase d'iode *m*.

Avec cet appareil et une pile de cinquante éléments, j'ai obtenu les résultats suivants :

Un morceau de feuilles d'argent, fixé à un fil en anneau et noirci par une exposition à la fumée du sulfure d'ammonium, ayant été porté dans le foyer obscur, s'échauffa quelquefois jusqu'au rouge vif.

Une feuille de cuivre noircie de la même manière fut également portée au rouge.

Je plaçai un morceau de feuilles de platine platiné dans un récipient où l'on avait fait le vide. Le récipient fut installé de telle sorte que le foyer tombât sur le platine. La chaleur du foyer fut aussitôt transformée en lumière, et une image nettement définie et renversée des pointes se

Digitized by Google

dessina sur le métal. La figure 5 représente la *thermographie* ou *image thermographique* des charbons.

Fig. 5.

On remplaça ensuite dans le récipient vide le platine par du papier noirci. Placé au foyer des rayons invisibles, ce papier fut aussitôt percé, et le trou répandit un nuage de fumée qui tomba en cascade au fond du récipient. Le papier brûla sans incandescence, et l'on vit se former par combustion l'image thermographique des pointes de charbon. Quand le papier noir est placé au foyer où l'image thermique est nettement définie, il est toujours percé en deux points, qui répondent aux images des deux charbons; et ce qui prouve que la chaleur du charbon positif est plus grande, c'est que son image est la première qui perce le papier; elle le brûle sur un grand espace, et reproduit sa forme particulière de cratère, tandis que le charbon négatif perce ordinairement un petit trou.

La couleur du papier rougi par l'iodure de mercure est changée aux endroits où tombe l'image invisible des pointes de charbon.

Des disques de papier carbonisé par divers procédés,

Digitized by Google

sont portés à une brillante incandescence, soit dans l'air, soit dans le récipient vide.

Dans ces premières expériences, je me suis servi d'un appareil qui avait été construit pour un autre usage. Le miroir, par exemple, avait été emprunté à la lampe électrique de M. Duboscq. Il fut d'abord argenté par derrière, puis par devant. Le vase employé pour la solution d'iode était aussi celui qui accompagne ordinairement la lampe de Duboscq ; il était destiné par le constructeur à contenir une dissolution d'alun. Ses parois étaient en bon verre blanc; la distance d'une paroi à l'autre était de 3 centimètres.

Une question théorique d'une grande importance se rattachait à ces expériences. Dans ses excellentes recherches sur la fluorescence, M. le professeur Stokes a trouvé invariablement que la réfrangibilité de la lumière incidente était *abaissée*. Cette règle était tellement constante qu'on était forcé de l'admettre comme une loi de la nature; or, si les rayons qui, dans les expériences précédentes, ont porté le platine, l'or et l'argent à la chaleur rouge, étaient entièrement ultra-rouges, les feuilles métalliques rendues visibles seraient, au contraire, un exemple d'*élévation* de la réfrangibilité.

Mais il fallait avant tout s'assurer qu'aucune trace de rayonnement visible n'a traversé la solution; et que la radiation invisible est exclusivement extra-rouge.

Cette dernière condition peut sembler inutile, parce que l'action calorifique des rayons extra-violets est si excessivement faible, qu'en supposant même qu'ils arri-

vent au platine, leur pouvoir échauffant aura complétement cessé. Néanmoins, des considérations mécaniques faisaient de l'exclusion de *tout* rayon plus réfrangible que ceux qui sont engendrés au foyer une condition absolument nécessaire à la solution complète du problème.

Aussi, quoique l'iode employé dans les expériences précédentes fût suffisant pour intercepter la lumière du soleil de midi, j'ai voulu soumettre son opacité à une épreuve plus rigoureuse. J'ai fait dans ce but les expériences suivantes :

Un morceau de papier noir épais, tendu sur un anneau a été approché graduellement du foyer des rayons obscurs La place du foyer a été indiquée par le percement du papier. Sa combustion étant achevée, j'ai porté l'anneau un peu plus près de la lampe, de sorte que le faisceau convergent passait à travers l'ouverture brûlée, et que le foyer se formait à 1,25 centimètres environ au-delà. Un morceau de platine noirci, placé immédiatement derrière l'ouverture, fut porté au rouge sur un espace considérable ; on le recula jusqu'à ce qu'il eût atteint le degré maximum d'incandescence, et l'on marqua avec soin le point du maximum. On placa alors un vase plein d'une solution d'alun entre le diaphragme de papier noir et le vase d'iode. La solution d'alun diminua considérablement le rayonnement invisible, mais elle fut sans influence sensible sur tous les rayons visibles du faisceau concentré. J'avais pris soin d'intercepter toute la lumière qui pouvait sortir par les fentes de l'appareil, ainsi que la lumière du jour. Je plaçai alors mon œil au niveau de l'ouverture et

Digitized by Google

je l'en approchai lentement, jusqu'à ce qu'il fût arrivé au point qui marquait le foyer. Un phénomène singulier s'est alors présenté. Je vis les pointes de coke incandescent de la lampe parfaitement noires, projetées sur un fond d'un rouge foncé. Lorsque je faisais mouvoir les pointes en haut et en bas, leurs images noires se déplaçaient de même. Quand je les amenai au contact, je vis les extrémités des pointes séparées en apparence par un espace blanc. Les pointes m'apparaissaient droites ; en observant avec soin, je pouvais les voir tout entières, même les griffes qui les portaient. L'aspect noir de la partie incandescente des pointes pouvait, bien entendu, n'être que relatif ; elles interceptent plus de la lumière réfléchie par le miroir placé derrière elles, qu'elle n'en donnent par leur émission directe.

La solution d'iode, de 3 centimètres d'épaisseur, devenant insuffisante pour l'épreuve rigoureuse à laquelle on la soumettait, je disposai deux autres vases, l'un avec des parois de sel gemme transparent, l'autre avec des parois de verre. La largeur du premier était de 5 centimètres, celle du second de 6,25 centimètres. Ces vases remplis avec la solution d'iode, furent placés successivement devant la lampe électrique, et après qu'on eut interposé le vase d'alun, l'œil placé au foyer n'éprouva aucune impression de lumière. Je retirai le vase d'alun, et j'approchai du foyer mon œil, alors non garanti; la chaleur était intolérable, mais elle semblait affecter les paupières et non la rétine. Une ouverture un peu plus large que la pupille, ayant été faite dans un écran de mé-

Digitized by Google

tal, je plaçai l'œil derrière, et l'amenai lentement et avec précaution au foyer. Le faisceau concentré en ce point pénétra tout entier à travers la pupille, mais aucune impression de lumière ne se produisit, et la rétine ne fut pas sensiblement affectée par la chaleur. Je retirai mon œil et plaçai une lame de platine platiné à l'endroit occupé par la rétine un moment auparavant. Le métal fut chauffé en un instant au rouge vif [1]. Les rayons qui produisaient cette incandescence étaient certainement invisibles, et ce qui prouve que ces rayons invisibles étaient exclusivement extra-rouges, c'est qu'ils n'ont pu faire naître la plus légère trace de fluorescence sur les milieux les plus sensibles, placés au foyer dans l'appartement le plus sombre qu'on pût se procurer.

Lorsqu'on veut obtenir des effets intenses, le problème se réduit à rassembler autant qu'on peut de rayons invisibles, et à les concentrer dans l'espace le plus petit possible. Plus le miroir sera près de la source des rayons, plus il interceptera et réfléchira de ces rayons, plus le foyer sera près de la même source, plus l'image sera petite. Pour pouvoir remplir à la fois ces deux conditions, il faut que le miroir soit de très-court foyer; car si l'on emploie un miroir d'une grande longueur focale, sa distance à la source des rayons devra être considérable, pour que le foyer soit près de la source ; lorsque le miroir est à une trop grande distance, un grand nombre de rayons chappent à la réflexion. Si d'un autre côté le miroir est

[1] Je ne conseille pas de répéter ces expériences.

trop profond, l'aberration de sphéricité est considérable, et quoiqu'on puisse rassembler une grande quantité de rayons, leur convergence au foyer est imparfaite. Pour déterminer la meilleure forme de miroir, j'en ai fait construire trois modèles, ayant : le premier 10,25 centimètres de diamètre et 3,5 centimètres de foyer ; le second, 19,75 centimètres de diamètre et 7,5 centimètres de foyer ; le troisième, 22,5 centimètres de diamètre et 15 centimètres de foyer. Ils se sont brisés souvent à cause de l'imperfection du recuit ; mais à la fin j'ai été assez heureux pour obtenir trois miroirs, sans aucun défaut. J'ai trouvé que la distance la plus convenable du foyer à la source était 12,5 centimètres ; il faut choisir, en conséquence, la place à donner au miroir. Cette distance permet d'introduire un vase d'iode d'une épaisseur suffisante, et la chaleur au foyer est excessivement forte.

Ces expériences démontrent d'une manière frappante l'isolement complet de l'éther lumineux, par rapport à l'air. L'air du foyer peut avoir la température de la glace, tandis que le mouvement de l'éther lumineux est tel que s'il était absorbée par l'air, elle lui communiquerait la température de la flamme.

Un thermomètre à air n'éprouve rien là où le platine est porté à la chaleur blanche.

On est extrêmement frappé de voir la fumée épaisse qui s'élève d'un morceau de bois quand on le place dans le foyer obscur ; des allumettes y prennent feu sur-le-champ, et la poudre y fait explosion instantanément. Du papier noir sec que l'on y tient s'enflamme. Des lamelles de bois

y prennent aussi feu; le bois sec d'une boîte à chapeau convient très-bien pour cette expérience. Lorsqu'on place une feuille de papier brun un peu au delà du foyer, il devient d'abord vivement incandescent sur un grand espace; il prend feu ensuite, et la combustion se propage en anneau de feu autour du centre d'ignition. Du charbon de bois s'embrase au foyer, et des disques de papier carbonisé y brillent d'un éclat extrêmement vif. Des feuilles noircies de plomb et d'étain peuvent s'y fondre; un épais morceau de métal fusible y est promptement percé et fondu. Une feuille de zinc noircie placée au foyer s'enflamme; et, en faisant passer lentement la feuille à travers le foyer, on peut maintenir son état d'ignition jusqu'à ce qu'elle soit entièrement consumée. Un fil de magnésium, aplati à son extrémité et noirci, s'enflamme aussi et brûle avec un vif éclat. Un cigare s'allume instantanément au foyer obscur.

Les corps soumis à l'expérience peuvent être enfermés dans des récipients de verre, les rayons concentrés les enflammeront encore après avoir traversé le verre. Un petit morceau de bois dans un bocal d'oxygène s'enflamme subitement; du charbon de bois s'embrase, et de l'écorce de charbon de bois lance sur-le-champ une pluie d'étincelles.

§ 6.

Dans tous ces cas, les corps exposés à l'action des

rayons invisibles étaient plus ou moins combustibles. Ils avaient besoin d'être plus ou moins chauffés avant de commencer à être attaqués par l'oxygène de l'atmosphère. Leur vif éclat était dû en grande partie à la combustion, et ne prouvait pas d'une manière concluante que la réfrangibilité des rayons s'était élevée. Cette élévation, résultat d'une très-grande importance théorique, se manifeste quand on expose au foyer des corps non combustibles, ou quand on renferme des corps combustibles dans un espace privé d'oxygène. On a élevé bien souvent à la chaleur blanche des feuilles de platine platiné, soit dans l'air, soit dans le vide. On a obtenu le même résultat avec une feuille de charbon de bois ou de coke suspendue dans le vide. Vu à travers un prisme de sulfure de carbone, le platine chauffé à blanc donne un spectre riche et complet. Toutes les couleurs, du rouge au violet, brillent d'un éclat extrêmement vif. Les ondes d'où provenaient primitivement ces couleurs n'avaient ni rayons visibles ni rayons ultra-violets mêlés avec elles; elles étaient exclusivement extra-rouges. L'action des atomes de platine, de cuivre, d'argent et de charbon sur ces rayons, les fait passer de l'état de rayons de chaleur à celui de rayons de lumière. Ils frappent le platine en vibrant d'une certaine manière; ils le quittent en vibrant plus rapidement. Ainsi leur réfrangibilité s'est élevée; les rayons invisibles ayant été rendus visibles.

Pour exprimer cette transformation des rayons de chaleur en d'autres rayons d'un degré plus élevé de réfrangibilité, je proposerai le terme de *calorescence*. Il s'har-

monise bien avec le terme de *fluorescence* introduit par M. le professeur Stokes, et il indique aussi la nature des effets auxquels il s'applique. L'expression de « transmutation des rayons », mise en usage par le professeur Challis [1], convient aux deux classes d'effets.

§ 7.

Dans la précédente section j'ai décrit les dispositions prises dans le dessein d'éviter le danger qui pourrait résulter de l'emploi d'une substance aussi inflammable que le bisulfure de carbone. Depuis, j'ai imaginé d'arriver à ce but d'une manière plus simple, et de rendre ainsi plus facile la répétition des expériences. On peut adopter en toute sûreté la disposition suivante (fig. 6) :

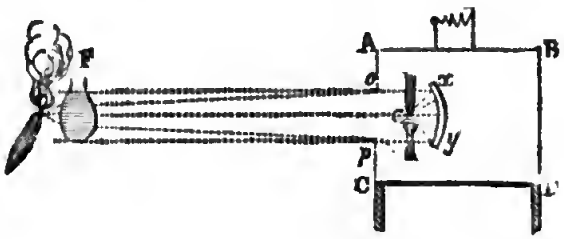


Fig. 6.

ABCD est la coupe de la chambre.
xy le miroir placé à l'intérieur.
c les pointes de charbon de la lumière électrique.

[1] *Philosophical magazine*, Ser. 4, vol. XII, p. 521.

op l'ouverture en avant de la chambre, où passe le faisceau réfléchi par le miroir *y*.

Placez le miroir à une distance telle des pointes de charbon que le faisceau réfléchi soit légèrement convergent.

Versez la solution d'iode dans un petit matras ordinaire, placez ce matras sur le passage du faisceau en F, à une distance de la lampe telle qu'il y soit en sûreté. Le matras se comporte à la fois comme une lentille et comme un filtre; les rayons lumineux sont interceptés, les rayons obscurs sont rendus fortement convergents, la combustion et la calorescence peuvent se produire au foyer formé un peu au delà.

On a obtenu les résultats suivants avec des matras de différentes dimensions, à un mètre de distance des pointes de charbon :

1° Avec un matras sphérique de 16,88 centimètres de diamètre, le platine a été chauffé au rouge au foyer, et du papier noir s'est enflammé;

2° Avec un matras ordinaire, de 7,83 centimètres de diamètre, le platine a été porté au rouge clair sur un grand espace irrégulier. Près de la lampe, les effets obtenus avec ce matras étaient très-frappants;

3° Petit matras, de 4,5 centimètres de diamètre, pas tout à fait sphérique : platine chauffé à blanc; papier immédiatement enflammé;

4° Matras encore plus petit, 3,75 centimètres de diamètre : très-bons effets; à peu près les mêmes qu'avec le précédent;

5° La boule d'une pipette : effets frappants, mais moins brillants qu'avec les petits matras de forme irrégulière.

Quand le platine est porté au blanc, la combustion du bois, du charbon de bois, du zinc et du magésium doit naturellement et nécessairement se produire. Or, le platine a été porté au rouge à 6,6 mètres de la source des rayons.

Néanmoins le meilleur miroir disperse plus ou moins les rayons; et, en raison de cette dispersion, le faisceau, à une grande distance de la lampe est très-affaibli. L'effet à l'air libre est rendu plus intense lorsqu'on fait passer le faisceau par un tube poli à l'intérieur, lequel empêche la

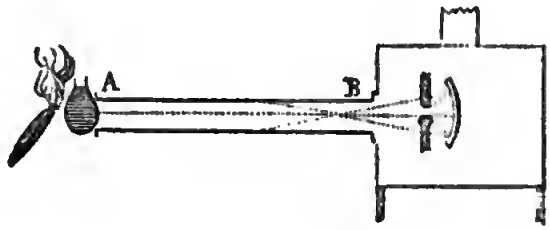


Fig. 7.

perte latérale de la chaleur rayonnante. Un tube pareil, placé devant la chambre, est représenté en AB, (figure 7). On peut tenir à son extrémité le matras avec la main, ou bien on peut l'y fixer d'une manière permanente. Avec une pile de cinquante éléments, le platine peut être porté à la chaleur blanche au foyer du matras.

Mais au lieu d'un matras rempli de la solution opaque, mettons une lentille de verre ou de sel gemme, L, fig. 8, de 6,25 centimètres de diamètre, et de 7,50 centimètres de distance focale sur le passage du faisceau réfléchi. Les

rayons sont rendus convergents, et l'on peut obtenir à leur point de convergence tous les effets de calorescence et de combustion.

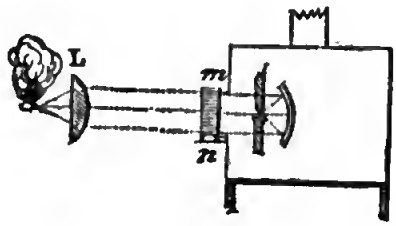


Fig. 8.

Dans ce cas, les rayons lumineux doivent être interceptés par un vase en verre, à parois planes (*mn*); on peut le placer devant ou derrière la lentille.

Enfin, on peut adopter la disposition indiquée fig. 9.

Fig. 9.

Le faisceau réfléchi par le miroir dans l'intérieur de la chambre est reçu et rendu convergent par un second miroir, x' y'. Au point de convergence, qui peut être à un ou plusieurs mètres de la chambre, on peut obtenir tous les effets décrits jusqu'ici. La lumière du faisceau peut être interceptée en un point convenable de sa route; mais, dans les cas ordinaires, l'expérience se fait mieux avec le bichlorure au lieu du bisulfure de carbone, et en plaçant

tout près de la chambre le vase *m n* qui contient la solution opaque. Aussitôt que les pointes de charbon sont en ignition, il se produit au foyer une explosion, une combustion ou une calorescence suivant qu'on le veut.

La lampe et la chambre ordinaire de Duboscq peuvent servir à ces expériences. Avec des miroirs convenables, qu'on peut aisément se procurer, on obtiendra très-facilement une série d'effets qui, je ne crains pas de l'affirmer, intéresseront tous ceux qui en seront témoins.

Il est évident aussi que, sauf pour les expériences à faire dans l'obscurité, la chambre n'est pas nécessaire. Les miroirs et le vase tamiseur peuvent être adaptés à la lampe seule.

J'ai cherché à *fondre* le platine avec les rayons invisibles de la lumière électrique, mais jusqu'à présent je n'ai pas réussi. Dans quelques expériences, je me suis servi d'une lampe de Foucault, d'un grand modèle, qui m'a permis d'employer une pile de cent éléments.

Dans d'autres expériences, j'ai employé deux piles, l'une de cent éléments et l'autre de cinquante, avec deux lampes, deux miroirs, deux vases tamiseurs, et en faisant converger la chaleur des deux lampes en sens opposé, sur le même point. Lorsque la feuille de platine était placée au foyer commun, les faisceaux convergents la frappaient sur ses faces opposées, et la portaient au blanc éblouissant. Je suis persuadé que le métal pourrait être fondu si le noir de platine pouvait être maintenu à la surface. Mais la chaleur intense le dissipe immédiatement, et le pouvoir réfléchissant du métal entrant en jeu,

Digitized by Google

l'absorption est tellement affaiblie que la fusion ne peut avoir lieu. En recouvrant le platine avec du noir de fumée, on l'a amené très-près du point de fusion, dont on apercevait les premières traces après le refroidissement. Mais ici, comme dans le cas du platine, la substance absorbante disparaît trop rapidement. Le cuivre et l'aluminium, traités de cette manière, sont brûlés sur-le-champ.

§ 8.

Jusqu'ici je n'ai parlé que du rayonnement invisible de la lumière électrique ; mais tous les corps solides portés à l'incandescence émettent des rayons invisibles de chaleur. En outre, plus le corps incandescent est dense, plus sa radiation obscure est intense. Nous possédons à l'Institution royale, des cylindres très-denses de craie pour produire la lumière Drummond : lorsqu'une flamme puissante oxyhydrogène est projetée sur l'un d'eux, il brille d'une lumière jaunâtre intense, et le rayonnement obscur est extrêmement énergique. En séparant celui-ci du rayonnement total par la solution d'iode, on peut obtenir au foyer des rayons invisibles tous les effets de combustion et de calorescence décrits dans les pages précédentes. La lumière obtenue, en projetant la flamme oxyhydrogène sur de la magnésie préparée par le procédé de M. Carlevaris, est plus blanche que celle qui est émise par notre craie ; mais parce que la magnésie obtenue du chlorure de magnésium est légère et spongieuse, son

rayonnement obscur est moindre que celui de nos cylindres plus compactes [1].

Les rayons invisibles du soleil ont subi à leur tour la transformation de lumière en chaleur. Un miroir concave de 3 pieds de diamètre a été monté sur le toit de l'École royale des mines, à Jermyn Street. Le foyer venait se former au sein d'une chambre obscure où était exposée la feuille de platine platiné. Quand les rayons visibles eurent été interceptés par la solution d'iode, les rayons invisibles y produisirent une incandescence faible mais distincte.

Un tube de fer-blanc noirci (AB, fig. 10), recourbé à

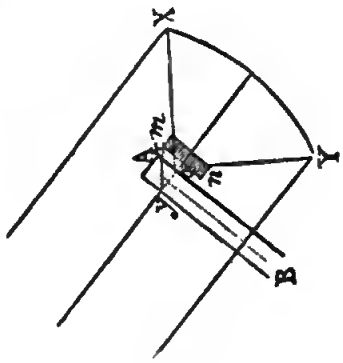


Fig. 10.

angle droit, et ouvert à une extrémité, portait à l'autre

[1] La découverte de la fluorescence, faite par M. le professeur Stokes, avait naturellement suggéré l'idée qu'on pourrait changer la réfrangibilité en sens contraire. M. Grove, je crois, a fait différentes expériences en vue de produire un changement de cette espèce; mais bientôt après la publication du mémoire du professeur Stokes, M. le docteur Miller voyait, dans la lumière de la craie, un cas d'élévation de la réfrangibilité. De ce que la radiation de la flamme oxyhydrogène est impuissante à traverser les écrans de

extrémité un miroir plan (*xy*), formant avec l'axe du tube un angle de 45°. Une ouverture latérale (*x o*), d'environ 6,25 centimètres carrés, faisait face au miroir; sur cette ouverture était placée une feuille de platine platiné. En tournant la feuille du côté du miroir concave, on pouvait faire tomber sur elle le faisceau des rayons concentrés du soleil. A la lumière du jour, il était impossible de voir si le platine était incandescent ou non; mais en plaçant l'œil en B, on pouvait voir la lumière rouge du platine par réflexion sur le miroir plan. On a ainsi obtenu une incandescence au foyer du grand miroir XY, après qu'on eut éliminé les rayons visibles par la solution d'iode *m n*.

Pour avoir un ciel plus pur, j'ai fait transporter ce miroir dans le jardin de mon ami M. Lubbock, près de Chislehurst. Les effets obtenus avec le rayonnement total du soleil ont été extraordinaires. De grandes lames de la feuille de platine, et même une feuille épaisse, exposées au foyer, disparaissaient comme s'ils étaient vaporisés [1].

verre, il en conclut qu'elle était presque entièrement extra-rouge, et la vérité de cette conséquence a été établie depuis par l'analyse prismatique directe. La lumière intense produite par la flamme oxy-hydrogène quand elle est projetée sur la craie implique, suivant ses conclusions, un changement de période du lent au rapide, ou, en d'autres termes une élévation virtuelle de réfrangibilité. (*Elements of Chemistry*, 1855, p. 210.)

[1] Les rayons solaires étant concentrés avec un miroir de 22,5 centimètres de diamètre et de 15 centimètres de longueur focale, sur une feuille de platine platiné, le métal est percé instantanément. Si l'on fait passer le foyer le long de la feuille, elle est coupée par le faisceau solaire comme par un instrument tranchant.

Digitized by Google

Un cylindre de bois de 6,5 cent. de diamètre, exposé de la même manière, a été bientôt brûlé et percé de part en part. Le papier placé au foyer s'enflamme presque avec explosion. La proportion très-grande des rayons visibles du soleil aux rayons invisibles, est démontrée d'une manière frappante dans ces expériences. Avec un rayonnement *total* considérablement plus faible, les rayons invisibles de la lumière électrique, ou de la lumière Drummond, élèvent le platine à la chaleur blanche, tandis que quand on a intercepté la partie visible d'un faisceau concentré des rayons du soleil, le plus qu'on puisse obtenir des rayons obscurs du soleil, c'est une chaleur rouge clair. La chaleur des rayons lumineux du soleil est si grande, qu'il est excessivement difficile d'expérimenter avec la solution d'iode. Cette solution bout constamment, et il suffit d'une exposition de deux ou trois secondes pour la porter à l'ébullition. Ce rapport très-grand du rayonnement lumineux au rayonnement non-lumineux doit sans doute être attribué en partie à l'absorption d'une grande portion de ce dernier par la vapeur aqueuse de l'air. De là on peut aussi conclure combien est énorme la température du soleil.

En faisant converger les rayons du soleil par une lentille creuse remplie de la solution d'iode, on a obtenu l'incandescence au foyer de la lentille sur le toit de Royal Institution.

Connaissant la perméabilité du verre de bonne qualité pour les rayons solaires, j'ai prié M. Mayall de me permettre de faire quelques expériences avec sa belle lentille

photographique, à Brighton. Quoiqu'il fût très-occupé en ce moment, il a mis, avec la plus grande complaisance, son appareil à la disposition de mon préparateur, pendant les trois meilleures heures d'un brillant jour d'été. On a obtenu une chaleur rouge au foyer de la lentille après avoir éliminé complétement la portion lumineuse de la radiation solaire.

§ 9.

On a employé très-souvent du papier noir dans les expériences précédentes, parce que l'action des rayons invisibles sur ce papier est très-énergique. Ceci indique que l'absorption de ces rayons n'est pas indépendante de la couleur. Une poudre rouge est rouge parce que les rayons lumineux, plus réfrangibles que le rouge, pénètrent au sein de cette poudre et y sont absorbés, et que la lumière rouge non-absorbée est renvoyée par la réflexion à la surface limite des particules du corps rouge. Ce défaut d'absorption des rayons rouges s'étend aux rayons d'une plus grande longueur d'onde au delà du rouge, d'où il suit que le papier rouge exposé au foyer des rayons invisibles est à peine carbonisé lorsque le papier noir s'enflamme en un instant. Le tableau suivante fait connaître l'état du papier quand il a été exposé au foyer d'une lumière électrique d'une intensité modérée.

Papier.	État.
Papier glacé orangé...	légèrement carbonisé.
— rouge....	à peine teinté; moins que l'orangé.
— vert.....	percé d'un petit anneau, par combustion.
— bleu.....	de même que le précédent.
— noir.....	percé, et immédiatement enflammé.
— blanc....	carbonisé, non percé.
Timbre-poste pour l'étranger, mince.....	légèrement carbonisé, moins que le blanc.
Papier de petit format,	encore moins carbonisé, presque de même que l'orangé.
Papier brouillard mince, blanc.....	à peine teinté.
Papier brouillard brun blanchâtre	comme le précédent; une grande quantité de chaleur paraît traverser ces deux derniers papiers.
Brun ordinaire.....	percé immédiatement; un bel anneau embrasé s'étend dans tous les sens.
Brun épais.....	percé, moins attaqué que le précédent.
Papier de sable épais, blanc.....	percé, avec un anneau embrasé.

Digitized by Google

Papier.	État.
Émeri brun.....	comme le précédent.
Noir sombre.....	percé, et immédiatement enflammé.

Ce tableau constate une absence presque totale d'absorption de la part du papier rouge. Le blanc lui-même absorbe davantage, et par conséquent est plus facilement carbonisé. En frottant d'iodure rouge de mercure la surface du papier, et l'exposant au foyer, on obtient une thermographie des pointes de charbon, produite par la décoloration de la place où tombe l'image invisible; comme je m'attendais à un changement de couleur immédiat, je fus d'abord surpris du temps qu'il lui fallait pour se propuire.

Nous nous souvînmes alors des expériences de Franklin sur les vêtements de différentes couleurs, et de la conclusion à laquelle il arriva : que les couleurs les plus sombres étaient les plus absorbantes. Mais cette conclusion a été réellement poussée trop loin. Les couleurs de Franklin étaient d'une espèce particulière, et la manière dont elles agissaient n'autorisait nullement une conclusion générale. Les rayons invisibles du soleil possèdent, suivant M. Müller, deux fois autant d'énergie que les rayons visibles. Une substance blanche peut absorber les premiers, tandis qu'ils ne seraient peut-être pas absorbés par une substance sombre, qui n'est telle que parce qu'elle absorbe la partie la plus faible de la radiation. La poudre blanche d'alun et la poudre sombre d'iode, exposées à l'action

d'une source dans laquelle des rayons invisibles surpassent de beaucoup les rayons visibles en pouvoir calorifique, se comportent d'une manière directement contraire à l'opinion populaire qui veut que les couleurs sombres soient les meilleurs absorbants.

§ 10.

En finissant, je rapporterai brièvement quelques expériences faites dans le but de déterminer la calorescence que l'on peut obtenir à travers des verres de couleurs diverses. La première colonne de la table suivante donne la couleur du verre ; la deuxième, l'effet observé lorsqu'on regarde un spectre brillant à travers ce verre, et la troisième, l'aspect que présente une feuille de platine platiné placée au foyer, après que le faisceau convergent a traversé le verre.

EXAMEN AU PRISME.	CALORESCENCE.
Rouge sombre.	
Rouge seul transmis.....	Chaleur blanche faible.
Rouge médiocre.	
Rouge seul transmis.....	Chaleur blanche.
Rouge clair.	
Jaune intercepté avec la plus grande force.....	Blanc brillant.

Jaune.

Toute l'extrémité bleue absorbée..	Rouge vif avec jaune brillant au centre.

Vert.

Outre le vert, une frange d'un rouge faible, et une bande bleue transmises.....	Pas d'incandescence.

Pourpre sombre.

Bleu extrême et rouge transmis....	Orangé vif.

Pourpre médiocre.

Partie centrale du spectre interceptée.....	Orangé vif.

Pourpre clair.

Absorbe tout le spectre, surtout le vert.....	Orangé vif.

Bleu sombre.

Transmet le bleu, une bande verte et une bande dans l'extrême rouge.....	Chaleur rouge.

Bleu médiocre.

Transmet le bleu, une bande gris-jaunâtre et l'extrême rouge.....	Chaleur rouge rose.

Bleu clair.

Transmet une série de raies bleues et vertes, une raie rouge près de l'orangé, et enfin le rouge extrême.	Chaleur rose passant au rouge.

Un autre verre bleu.

. . . . .	Chaleur rose.

Verre noir n° 1.

Eteint tout le spectre ; blanc léger transmis.....	Rouge à peine visible.

Verre noir n° 2.

Vert blanchâtre clair transmis....	Rouge sombre.

Verre noir n° 3.

Rouge légèrement foncé transmis..	Rouge brillant, orangé au milieu.

Ce tableau met en évidence le fait extrêmement remarquable que, quand le faisceau de la lumière électrique est tamisé par certains verres bleus, le platine placé au foyer brille d'une teinte rose bien marquée. On a pris les plus grandes précautions pour écarter toute possibilité d'illusion subjective. La couleur rose a été aussi obtenue au foyer des rayons invisibles. Les verres ayant été mis de côté et le faisceau filtré avec la seule solution d'iode, le platine a été élevé jusqu'au blanc au sein du foyer invisible. En introduisant le verre bleu pâle entre le vase d'iode et le foyer, on a beaucoup affaibli la calorescence du platine ; c'est au point que pour l'apercevoir bien distinctement, il fallait être dans une salle obscure ; et quand on la voyait, la thermographie était de couleur rose. Un disque de papier carbonisé ayant été exposé au foyer obscur, arrivait aussitôt au blanc vif, quand le verre bleu n'y était pas ; mais quand il y était, la couleur de la lumière émise par le charbon avait d'abord une teinte rose bien distincte ; attaqué par l'oxygène de l'air, il changeait

bientôt de couleur, et la combustion du charbon s'étendait dans tous les sens, sous forme d'un cercle d'un blanc vif. Si des expériences nouvelles confirmaient ce résultat, il s'en suivrait qu'il y a une lacune dans la calorescence, en ce sens que les atomes de platine vibrent sous l'influence des périodes rouges et bleues, et non sous celle des périodes intermédiaires. Mais des expériences nouvelles, que j'espère faire sous peu, sont nécessaires pour donner de ces phénomènes une explication qui satisfasse mon esprit.

Quand on a obtenu la thermographie incandescente des pointes de charbon, un verre d'un rouge très-clair introduit entre la solution opaque et le platine, ôte à la thermographie de ses dimensions et de son éclat. Un second verre rouge, d'une couleur plus foncée, rend la thermographie encore plus petite et plus faible.

Un verre d'un rouge sombre la réduit encore davantage. Dans ce cas, la surface visible est extrêmement petite, et l'on a simplement la chaleur rouge sombre. Si, au lieu de verre coloré, on introduit une lame de verre blanc pur, l'image des pointes de charbon dessinée sur la feuille de platine perd à peine de son éclat. Il en est de même quand on substitue au verre blanc un morceau épais de verre rouge rubis foncé ; son interposition change à peine l'éclat de la thermographie. La matière colorante de ce verre était l'or et non le sous-oxyde de cuivre employé à colorer d'autres verres rouges. Divers échantillons de la gelée d'or, préparée par M. Faraday pour ses recherches sur les couleurs d'or, quoique foncés au point d'ap-

procher du noir absolu, se montrèrent éminemment transparents aux rayons de chaleur obscure; leur interposition diminua très-peu l'éclat de la thermographie. Il semblerait, d'après cela, que les métaux eux-mêmes, à un certain état d'agrégation, possèdent aussi ce grand pouvoir diathermique dont jouissent, comme on l'a vu, les corps simples métalloïdes.

Je viens de dire qu'une lame de verre blanc pur, placée sur le passage du faisceau condensé de rayons invisibles, diminuait à peine l'éclat de l'image thermographique. Les rayons calorifiques intenses de la lumière électrique traversent librement un verre de cette nature. Nous touchons ici à une question d'une importance pratique considérable pour les météorologistes. Lorsque du carbone a été mélangé intimement par la fusion au verre blanc pur, le verre noir qui en résulte est encore éminemment transparent pour ces rayons de chaleur invisible qui constituent la plus grande partie de la radiation solaire. J'ai des lames de verre, ayant toute l'apparence du verre noir, qui transmettent 63 pour cent de la chaleur totale de la lumière électrique; et il n'est pas douteux que, sous une épaisseur suffisante pour éteindre entièrement la lumière du soleil, ces lames transmettraient une grande portion de ses rayons invisibles de chaleur. C'est le verre qu'on emploie le plus souvent, sinon toujours, dans la construction de nos thermomètres à boule noire, en partant de cette idée que le noir assure l'absorption totale des rayons solaires. Cette idée est donc fausse, et les instruments construits avec ce verre sont, par conséquent, défectueux. Une grande

Digitized by Google

partie des rayons du soleil les traversent, arrivent jusqu'au mercure, et sont renvoyés par réflexion, sans contribuer en rien à chauffer le thermomètre.

Une feuille de verre à vitre ordinaire, transparent en apparence, placée au foyer, entre la solution d'iode et la feuille de platine, affaiblit plus l'image thermographique que le verre noir dont il a été question ; ce verre à vitre, regardé de champ à travers le bord est vert, et cette expérience prouve avec quelle énergie la matière colorante verte, même en quantité infinitésimale, absorbe les rayons de chaleur invisible. On produirait sans doute une imperméabilité parfaite en augmentant la quantité de matière colorante verte. Il faudrait combiner le carbone avec cette espèce de verre pour obtenir la matière des boules noires des thermomètres. En entrant dans ces boules, les rayons solaires seraient entièrement absorbés, et l'on trouverait probablement de plus grandes différences qu'on n'en observe maintenant entre le thermomètre à boule noire et le thermomètre ordinaire.

(*Traduction de M.* Raillard, *revue par M. l'abbé* Moigno.)

FIN.

Digitized by Google

DEUXIÈME PARTIE.

INFLUENCE
DES COULEURS
ET DE LA
CONDITION MÉCANIQUE
SUR LA CHALEUR RAYONNANTE

Digitized by Google

INFLUENCE

DES COULEURS

ET DE LA

CONDITION MÉCANIQUE

SUR LA CHALEUR RAYONNANTE.

Franklin avait placé des morceaux d'étoffes de diverses couleurs sur la neige, et les avait laissés exposés au soleil. Ils absorbèrent les rayons dans des degrés différents, furent diversement échauffés et s'enfoncèrent par conséquent à des profondeurs différentes dans la neige qu'ils recouvraient. Le résultat apparent de cette expérience fut que les couleurs les plus foncées étaient les meilleurs absorbants, les couleurs les plus claires, les plus mauvais absorbants, et jusqu'à cette heure nous nous sommes résignés à accepter la généralisation de Franklin sans même

Digitized by Google

la discuter. Dans mon dernier mémoire j'ai dit quelques mots de ce qu'elle avait de défectueux. Si l'émission des sources lumineuses consistait simplement en rayons visibles, nous serions en droit de conclure de la couleur de la substance à sa capacité d'absorption pour la chaleur de ce genre de sources. Mais la radiation des sources lumineuses est bien loin d'être toute visible. Pour la plus grande part, dans les sources terrestres, et dans le cas du soleil pour une part très-grande, l'émission se compose de rayons invisibles sur lesquels les couleurs ne nous apprendraient rien. Il reste par conséquent à examiner si les résultats de Franklin sont l'expression d'une loi de la nature. Nous avons pris deux cartes de même dimensions et de même texture; nous avons saupoudré l'une de poussière blanche d'alun, et l'autre de poudre noire d'iode; nous les avons dressées toutes deux en face d'un feu ardent et nous les avons laissé prendre le maximum de température correspondant à leur distance du feu : il s'est trouvé que la carte recouverte d'alun était extrêmement chaude, tandis que la carte recouverte d'iode était restée froide. Il n'était pas nécessaire d'un thermomètre pour constater la différence de température. En appuyant par exemple, le dos de la carte iodée contre le front, on n'éprouvait aucune sensation pénible, tandis que le dos de la carte alunée appuyé de la même manière produisait une chaleur intolérable.

Ce premier résultat s'est trouvé confirmé par les expériences suivantes. On a recouvert les deux boules d'un thermomètre différentiel, l'une de poudre d'iode, l'autre

de poudre d'alun. On a placé entre les deux, et à égale distance, une spatule chauffée au rouge; la colonne liquide associée à l'alun a été refoulée et maintenue à un niveau supérieur. On a en outre revêtu les boules de deux thermomètres très-sensibles, l'une d'iode, l'autre d'alun ; et on les a installées à la même distance de la radiation d'une flamme de gaz : le mercure de la boule enduite d'alun s'est élevé à une hauteur presque double de celle de la boule enduite d'iode. Deux feuilles d'étain furent recouvertes l'une de poudre d'alun, l'autre de poudre d'iode; on souda au dos de chacune un petit barreau de bismuth, formant couple thermoélectrique avec la feuille d'étain à laquelle il était fixé. Les deux plaques furent unies ensemble par un fil métallique, et les bouts libres des barreaux de bismuth furent reliés au galvanomètre. On plaça à égale distance des feuilles d'étain une boule chauffée au rouge ; les rayons calorifiques tombaient sur toutes deux avec la même intensité, mais le galvanomètre déclara que la feuille qui portait l'alun était la plus fortement chauffée.

La difficulté que l'on éprouve à chauffer l'iode par la chaleur rayonnante est évidemment due à la propriété diathermique qu'il manifeste d'une manière si frappante lorsqu'il est dissous dans le bisulfure de carbone. La chaleur pénètre dans la poudre, se réfléchit sur les surfaces limites des particules, mais elle n'est pas absorbée par les atomes de l'iode.

Lorsqu'il est répandu en quantité suffisante sur une plaque de cristal de roche, et dressé sur la route d'un

Digitized by Google

rayon calorifique, l'iode arrête ce rayon. Mais son opacité est en grande partie celle d'une poudre blanche pour la lumière ; il est impénétrable, non à cause de son absorption, mais par les réflexions intérieures qu'il subit. Dans quelques-uns des cas qui précèdent, l'iode était simplement tamisé par un tamis en mousseline ; dans d'autres cas, il était dissous dans le bisulfure de carbone et appliqué avec un pinceau de blaireau ; séché il était presque aussi noir que de la suie, mais comme absorbant de la chaleur, il ne pouvait nullement lutter avec la poudre blanche d'alun.

Le soufre ordinaire en roulcaux, même pris en plaques minces, ne laisse pas non plus passer de chaleur rayonnante ; et son opacité est aussi due à des réflexions intérieures répétées. La température d'ignition du soufre est d'environ 244 degrés centigrades ; cependant un petit morceau de cette substance placé au foyer de la lampe électrique, là où la chaleur était assez grande pour chauffer à blanc en un instant une feuille mince de platine, exigeait un temps considérable d'exposition avant de fondre et de s'enflammer. Quoique impénétrable à la chaleur, il n'est pas cependant adiathermique. Le lait de soufre prend feu avec la même difficulté. Le sucre est une substance beaucoup moins inflammable que le soufre, mais il est un bien meilleur absorbant : exposé au foyer, il fond et prend feu très-vite; cependant la chaleur qui suffit à enflammer le soufre suffit à peine à chauffer une plaque de sel gemme.

Un fragment de phosphore amorphe presque noir, placé au foyer de la lampe électrique refusa de s'enflammer.

On obtint avec le phosphore ordinaire un résultat encore plus remarquable. On a pu exposer sans ignition pendant vingt secondes un petit fragment de cette substance excessivement inflammable à ce même foyer qui portait presque instantanément le platine à la chaleur blanche. Un morceau de ce phosphore dressé sur une plaque de sel de roche et tenu en face d'un feu ardent supportait sans ignition, ainsi qu'il a été constaté par mon préparateur M. Barrett, cette radiation intense ; placé et exposé de la même manière sur une lame de verre, il fondait bientôt et prenait feu ; mais son ignition était moins due à la chaleur rayonnante, qu'à la chaleur communiquée par le verre. Il me semble que cette manière de se comporter du phosphore, relativement à la chaleur rayonnante, n'est pas inconnue des chimistes.

Le point de fusion du phosphore est d'environ 44° ; celui du sucre de 160°, et le sucre fond toujours avant le phosphore au foyer de la lampe électrique. Tous ces faits sont dus à la diathermancie du phosphore. Un disque mince de cette substance placé entre deux plaques de sel de roche livre passage à une abondante transmission ; par conséquent, le phosphore reprend sa place parmi les autres corps élémentaires en ce qui concerne sa manière d'être pour la chaleur rayonnante.

Plus un corps est diathermique, moins il est chauffé par la chaleur rayonnante. Aucun corps parfaitement transparent ne peut être chauffé par la chaleur purement lumineuse. On a couvert la surface d'un vase en bois d'une couche épaisse de gelée blanche, et on l'a exposée

Digitized by Google

un faisceau des rayons d'une lampe électrique condensée par un puissant miroir; on avait d'abord fait passer le faisceau à travers un vase rempli d'eau; le faisceau transmis était impuissant à faire fondre la gelée blanche, tandis qu'il suffisait pleinement à enflammer le bois. Ne pourrait-on pas faire l'application en grand de ce résultat? Par exemple, ce ne sont pas les rayons lumineux, mais les rayons obscurs ou invisibles du soleil qui balayent les neiges d'hiver des flancs des Alpes. Chaque filet d'eau des glaciers qui serpente dans les vallées des Alpes est à peu près le produit de la seule radiation invisible. Ce sont aussi les rayons invisibles du soleil qui font monter les glaciers du niveau des mers aux sommets des montagnes; car les rayons lumineux pénètrent à de grandes profondeurs dans l'océan des tropiques, tandis que les rayons non lumineux sont absorbés près de la surface, et deviennent les principaux agents de l'évaporation.

On a souvent affirmé, d'une manière absolue, que l'éther peut être exposé au foyer d'un miroir concave sans être sensiblement chauffé; mais cela ne peut être vrai que d'un faisceau de rayons tamisés au foyer de la lampe électrique ; ce n'est pas seulement l'éther, mais l'alcool et l'eau qui sont rapidement portés à l'ébullition, tandis que le bisulfure de carbone dont le point d'ébullition est seulement de 48° n'y peut pas bouillir. En réalité l'exposition pendant un temps suffisant pour faire bouillir l'alcool ou l'eau est à peine suffisante à rendre le bisulfure de carbone sensiblement chaud.

S'il est un point qui ressort avec plus d'évidence que les autres de mes expériences sur les gaz, les liquides et les vapeurs, c'est l'influence prédominante exercée par la constitution chimique des corps sur les phénomènes de la radiation et de l'absorption. Et en voyant combien peu le caractère de la radiation est affecté par le passage d'un corps de l'état de vapeur à l'état liquide, je regardai comme excessivement probable que, même pour les substances solides, la constitution chimique du corps exercerait encore sa puissance. Mais en opposition à cette conclusion nous avions les expériences de Melloni sur la chaux et le noir de fumée, celle de MM. Masson et Courtépée sur les poudres, lesquelles semblent montrer très-clairement qu'à un état de division extrêmement fine, comme celle des précipités chimiques, les pouvoirs rayonnants et absorbants de tous les corps sont les mêmes. On avait conclu de ces expériences que l'influence de la condition physique prédominait assez pour faire disparaître celle de la constitution chimique.

Il me semble cependant qu'une grande méprise ôte de leur valeur aux expériences de ces hommes si distingués. Melloni mélange son noir de fumée et sa chaux en poudre avec de la gomme ou de la glu et les applique avec un pinceau de poils de chameau à la surface de son cube rayonnant, MM. Masson et Courtépée ont fait de même. Melloni, il est vrai, comparait ainsi, une surface noire à une surface blanche ; mais les surfaces étaient vues blanche et noire à travers la gomme transparente, qui dans les deux cas était le rayonnant réel. La même remarque

Digitized by Google

s'applique à MM. Masson et Courtépée. Chaque particule du précipité qu'ils employaient était une particule vernissée, et la constance qu'ils observaient était due, j'imagine, à ce fait que dans toutes leurs expériences le rayonnant principal était la substance qu'ils employaient pour faire adhérer leurs poudres à la surface de leurs cubes.

La gomme et la glu sont des radiateurs puissants, égaux de fait au noir de fumée, et ils sont en même temps des absorbants puissants comme lui. Les particules qu'ils entourent n'ont par conséquent qu'une très-petite chance de rayonner à travers leur substance. J'ai cherché à remédier à cet inconvénient en employant un ciment diathermique. Le soufre est légèrement diathermique ; il se dissout librement dans le bisulfure de carbone, et, à la suggestion d'un chimiste de mes amis, je l'ai fait servir à fixer les poudres. Le cube reposait sur une de ses faces ; la face à revêtir était horizontale, et l'on versait sur elle le bisulfure contenant le soufre en dissolution. Avant que la couche liquide eût eu le temps de s'évaporer; on répandait la poussière à travers un tamis en mousseline. Le bisulfure se réduisait vite en vapeur laissant la poussière engagée dans le ciment de soufre. Chaque poudre en outre était déposée sur une épaisseur assez grande pour empêcher le soufre d'entourer ses molécules. Ce moyen de déterminer la radiation des poudres quoiqu'il laisse peut-être encore à désirer, était en tous cas un progrès sur les méthodes anciennes, et il donna des résultats différents.

Digitized by Google

Dix ou douze cubes d'étain servaient à ces recherches. Une face de chacun était enduite de miel de soufre, et cette substance qui se retrouvait sur tous les cubes, me servait de lien d'union entre tous les resultats. On chauffait les cubes à l'eau bouillante, et on les plaçait successivement, à la même distance, en face de la pile thermo-électrique, que l'on défendait, comme à l'ordinaire, des courants d'air et des autres sources perturbatrices extérieures. Avant de donner le tableau complet des résultats, j'en choisirai quelques-uns qui montrent, d'une manière concluante que, dans les corps solides, la radiation est plutôt moléculaire que mécanique.

Le biiodure de mercure et l'oxyde rouge de plomb se ressemblent au point de vue physique ; tous deux sont d'un rouge brillant ; chimiquement, cependant, ils sont très-différents ; en les examinant de la manière indiquée, on trouva que leurs pouvoirs rayonnants relatifs étaient :

Biodure de mercure	HgI^2	Radiation 39,7
Oxyde rouge de plomb	$2PbO,PbO^2$	74,1.

Mêlés à de la gomme et appliqués avec un pinceau de poils de chameau à la surface du cube, la radiation de ces mêmes substances devint :

Biiodure de mercure.	80,0
Oxyde rouge de plomb. . . .	80,0.

L'effet de la complexité atomique sur la radiation est très-bien mis en évidence par la manière dont ces deux substances se comportent. Elle l'est aussi par la manière dont agissent deux iodures de mercure différents :

Biiodure de mercure HgI^2	Radiation 39,7
Iodure de mercure Hg^2I^2	. . . . . 46,6.

L'addition d'un second atome à la molécule du bioxyde augmente la radiation de 7 p. 0/0. L'expérience apporte une sorte de justification physique à la pratique des chimistes, qui veulent que la molécule d'iodure jaune de mercure soit H^2gI^2, et non HgI. Le peroxyde et le protoxyde de fer donnent les résultats suivants :

Peroxyde de fer	Radiation 78,4
Protoxyde de fer	. . . . 81,3.

Je ne m'attendais pas à ce résultat, parce que la molécule du protoxyde est moins complexe que celle du peroxyde. En l'examinant, je reconnus toutefois que le protoxyde expérimenté était en partie de l'oxyde magnétique. Les formules des deux substances son Fe^2O^3 et FeO ; de cette manière l'anomalie disparaît.

Le phosphore amorphore et le sulfure de fer ont donné :

Phosphore amorphe	Radiation 6
Sulfure de fer	. . . . 81,7.

Le sucre et le sel ont été réduits dans un mortier à

[1] Il n'entre pas dans ma pensée d'opposer ces expériences sur le sucre et le sel, sur le cristal de roche pulvérisé et l'alun, aux résultats de MM. Masson et Courtépée. On peut admettre que leurs nombres ne sont pas réfutés par mes expériences. C'est la manière d'être des précipités chimiques employés, et non celle des corps réduits en poudre par des moyens mécaniques, qui infirme leurs conclusions.

l'état de poudres excessivement fines. Au point de vue de la cohésion et de l'aspect physique, ces deux substances se ressemblent beaucoup : leurs pouvoirs rayonnants sont très-différents :

Sel	Radiation	35,3
Sucre	. . . .	70,0 [1].

Dans son dernier et si intéressant Mémoire sur la chaleur rouge, M. Desains citait l'oxyde de zinc comme un corps qui à cent degrés a le même pouvoir émissif que le noir de fumée. C'est à peu près vrai pour l'oxyde hydraté; mais cela n'a plus lieu pour l'oxyde calciné.

Noir de fumée	Radiation	84,0
Oxyde de zinc hydraté	. . . .	80,4
Oxyde de zinc calciné	. . . .	53,2.

Après avoir comparé ensemble les poudres rouges, comparons les poudres noires. Le platine noir et l'oxyde noir de fer ont donné :

Platine en poudre noir	59,0
Oxyde noir de fer	81,3.

Le platine noir provenait de la dialyse, on en avait enduit une feuille de platine.

Passons à deux poudres blanches, le chlorure d'argent et le carbonate de zinc :

Chlorure d'argent	32,8
Carbonate de zinc	77,7.

Comme dans tous les autres cas, on retrouve ici l'influence de la constitution chimique.

Digitized by Google

Maintenu sur son cube, par le ciment de soufre, le chlorure d'argent noircit à la lumière diffuse du laboratoire. Il devient d'abord lavande, et passe par tous les degrés intermédiaires, du brun au noir. Pendant ces changements, qui s'associent peut-être à la réaction chimique entre le chlorure d'argent et le soufre qui lui sert de gangue, la radiation va sans cesse en augmentant. De 25 au départ pour le chlorure d'argent, elle atteint à la fin 60.

Après avoir comparé ensemble deux surfaces rouges, deux surfaces noires, deux surfaces blanches, comparons une surface noire à une surface blanche :

Platine noir	59,0
Oxyde de zinc hydraté blanc	80,4.

Ici la radiation du corps blanc l'emporte de beaucoup sur celle du corps noir.

Comparés ensemble de la même manière, l'oxyde noir de cobalt et le carbonate de zinc donnent :

Oxyde de cobalt	76,5
Carbonate de zinc	77,7.

La radiation du corps noir est à très-peu près égale à celle du corps blanc.

Enfin la comparaison du noir de fumée avec le chlorure blanc de plomb conduit aux nombres suivants :

Noir de fumée	84,0
Chlorure de plomb	55,4.

Cette fois la radiation du corps noir dépasse de beaucoup celle du corps blanc.

Nous avons donc comparé des poudres rouges à des poudres rouges, des poudres noires à des poudres noires, des poudres blanches à des poudres blanches, des poudres blanches à des poudres noires, et la conclusion des expériences est, je pense, que la constitution chimique, loin d'être sans valeur aucune, est l'influence prédominante.

Si les pouvoirs rayonnants de ces diverses substances étaient influencés par leur état de division, il me semble que cette influence devrait commencer à se faire sentir lorsque la division est produite par le pilon et le mortier; mais je n'ai pas trouvé qu'il en fut ainsi. J'ai répandu sur la surface polie d'un cube de Leslie de la poudre de verre, rendue aussi fine que possible par le pilon et le mortier. J'ai rempli ensuite le cube d'eau bouillante, et je l'ai tenu en face de la pile thermoélectrique, jusqu'à ce que la déviation de l'aiguille fut devenue constante. Tout en laissant le cube dans la position première, j'ai fait tomber la poudre de verre avec un pinceau de poils de chameau. L'accroissement de radiation a été tout à fait insensible, ce qu'on devait attendre de la légère différence de température entre la plaque de verre et la poudre de verre répandue sur elle. On a répété cette même expérience avec une plaque de sel de roche sur laquelle on avait répandu de la poudre de sel de roche très-fine. Le résultat a été absolument le même qu'avec la poudre de verre.

On a recouvert une des faces du cube de Leslie avec une couche formée d'une feuille de platine brillant, et

Digitized by Google

une seconde face avec une couche de platine noir en poudre déposé par l'électrolyse. Dans l'acte de la radiation, ces deux couches se comportèrent comme il suit :

Feuille de platine brillant	6,0
Platine platiné	45,2.

La radiation du platine noir est près de huit fois celle du platine brillant.

Après être ainsi arrivé à cette conclusion certaine, j'en ai la confiance, que l'influence chimique se fait sentir à tous les états d'aggrégation, je crois devoir présenter dans ce premier tableau comparatif les résultats que m'ont donnés un nombre considérable de poudres soumises à l'expérience dans les mêmes conditions.

TABLEAU Ier.

Radiation des poudres noyées dans le ciment de soufre.

Sel de roche..... Radiation	35,3
Biiodure de mercure.....	39,7
Miel de soufre.....	40,6
Sel commun.....	41,3
Iodure jaune de mercure.....	46,6
Sulfure de mercure.....	46,5
Iodure de plomb.....	47,3
Chlorure de plomb.....	55,4
Chlorure de cadmium.....	56,5

Chlorure de barium.....	58,2
Chlorure d'argent (noir).....	58,6
Spath fluor	66,4
Trisulfure d'antimoine.....	69,4
Carbonate de chaux.....	70,2
Oxysulfure d'antimoine	70,5
Sulfure de calcium.....	71,0
Sulfure de molybdène.....	71,3
Sulfate de baryte.....	71,6
Chromate de plomb.....	74,1
Sulfure de cadmium..	74,2
Sous-chlorure de cuivre.....	76,5
Oxyde de cobalt	76,7
Sulfate de chaux.....	77,7
Oxyde rouge de fer.....	78,4
Sulfure de cuivre	79,0
Oxyde hydraté de zinc.....	80,4
Oxyde rouge de fer..... ..	78,4
Sulfure de cuivre.....	79,0
Oxyde noir de fer.....	81,3
Sulfate de fer....	81,7
Iodure de cuivre.....	82,0
Noir de fumée.....	84,0

J'ai cherché ensuite à me défaire du ciment du soufre, à faire adhérer les poudres en les humectant de bisulfure de carbone pur, et les appliquant contre les cubes pendant qu'elles étaient humides. Quelques-unes des poudres prirent ou s'attachèrent, quelques-unes tom-

bèrent. Mon ingénieux ami, M. Duppa, me suggéra la pensée que je pourrais faire adhérer les poudres en électrisant les cubes. J'essayai ce moyen et le trouvai simple et praticable. Le cube étant placé sur un support isolant, on l'électrisait par quelques tours de plateau, et l'on y projetait la poudre. Lorsqu'après avoir déchargé le cube, on le replaçait dans la position verticale, les poudres restaient adhérentes. Les résultats obtenus avec ce nouvel arrangement sont :

TABLEAU II.

Radiation des poudres maintenues par l'électricité.

Sel de roche.....	Radiation	24,5
Chlorure d'argent (blanc).....		25,0
Miel de soufre.....		25,8
Biiodure de mercure.....		26,0
Iodure de plomb.....		36,0
Sulfure de mercure.....		30,6
Éponge de platine.....		36,5
Fleur de soufre lavée.....		32,3
Sulfure de zinc.....		36,1
Phosphore amorphe.....		38,0
Chlorure de plomb.....		39,0
Chlorure de cadmium.....		40,0
Spath fluor.....		48,6
Sulfure de calcium.....		49,1
Sulfate de baryte.....		51,3

Sucre	52,1
Oxyde rouge de plomb	56,5
Sulfure de cadmium	56,9
Sulfate de chaux	59,3
Chlorure d'argent (noir)	60,0
Carbonate de zinc	62,0
Oxyde de cobalt	62,5
Iodure de cuivre	63,0
Oxyde rouge de fer	63,8
Sulfure de fer	65,5
Oxyde noir de fer	65,8

L'accord entre les valeurs relatives des pouvoirs rayonnants donnés par cette table et la précédente est aussi satisfaisant qu'on pouvait l'espérer. Chaque expérience a été répétée plusieurs fois, et les tableaux contiennent les moyennes des résultats qui n'ont jamais beaucoup différé l'un de l'autre.

La *quantité* de chaleur rayonnante émise par les corps dans tous leurs états d'aggrégation étant ainsi prouvée dépendre, en très-grande partie, du caractère moléculaire du corps ; la seconde question qui se présente à l'esprit est la *qualité* de la chaleur émise. Dans ce second examen, je me suis contenté d'éprouver la chaleur par sa transmission à travers le sel de roche. Le choix de cette substance soulevait de nouveau la question toujours controversée : le sel gemme est-il également pénétrable à toutes les sortes de chaleur [1]. Car s'il absorbait à des

[1] La dernière publication sur ce sujet est de la plume d'un expé-

degrés différents la radiation de deux corps différents, il ne mettrait pas seulement en évidence la différence de qualité entre les radiations, il manifesterait en outre sa propre incapacité à transmettre également des rayons de toute nature.

La plaque de cristal de roche choisie pour ces expériences était vraiment parfaite. Je n'en ai jamais vu de plus transparente. Son épaisseur était de 8 dixièmes de pouce (2 centimètres), ses dimensions, comparées à celles de l'ouverture en face de laquelle elle était placée, étaient assez grandes pour empêcher tous les rayons réfléchis par ses bords latéraux de se mêler à la radiation directe. M. Knoblauch a clairement montré combien l'absence de cette précaution peut donner place à l'erreur. Le mode d'expérimentation ne différait pas de celui qui est habituellement suivi. On permettait d'abord à la source de rayonner vers la pile, et l'on notait la déviation produite par la radiation totale. On interposait alors la plaque de sel gemme, la déviation diminuait, et de la nouvelle valeur de la radiation, on concluait la transmission à travers le sel gemme, exprimée en centièmes de la radiation totale.

rimentateur extrêmement habile, M. Knoblauck. Après avoir discuté les résultats de MM. de la Provostaye et Desains, Balfour-Stewart, il arrive à une conclusion différente, à savoir, que le sel gemme pur est également perméable à toutes les sortes de chaleurs. *Pogg., ann.* 1863, vol. cxx, p. 177.

Tableau III.

Transmission à travers le sel de roche des substances suivantes élevées à la température de 100° centigrades.

	Transmission.	Radiation.
Sel de roche	67,2	35,3
Biiodure de mercure	76,3*	39,7
Miel de soufre	76,9*	40,6
Sel commun	70,8	41,3
Iodure jaune de mercure	79,0*	46,6
Sulfate de mercure	73,1	46,6
Iodure de plomb	73,8	47,3
Chlorure de plomb	73,1	55,4
Chlorure de cadmium	73,2	56,5
Chlorure de barium	70,7*	58,2
Chlorure d'argent (noir)	74,2	58,6
Spath-fluor	70,5*	68,4
Trisulfure d'antimoine	77,1	69,4
Carbonate de chaux	77,6	70,2
Oxysulfure d'antimoine	77,6	70,5
Sulfure de molybdène	78,4	71,3
Sulfate de baryte	71,3	78,4
Chromate de plomb	71,6	79,2
Oxyde rouge de plomb	74,1	79,2
Sous-chlorure de cuivre	76,3	78,6
Oxyde de cobalt	76,5	79,7
Oxyde rouge de fer	78,4	81,0

Digitized by Google

Sulfure de cuivre	79,0	82,3
Oxyde noir de fer	81,3	82,7
Sulfure de fer	81,7	83,3
Noir de fumée	84,0	83,3

Nous avons cette fois une transmission qui varie de 67 pour cent, cristal de roche réduit en poudre, à 84 pour cent, noir de fumée. Les poudres employées étaient fixées par le ciment de soufre. Ces mêmes poudres maintenues par l'électricité en rayonnant à travers le cristal de roche ont donné les transmissions suivantes :

TABLEAU IV.

	Transmission.
Sel de roche	62,8
Chlorure d'argent (blanc)	69,7
Spath-fluor	70,7
Sulfure de mercure	71,0
Sulfure de calcium	72,5
Miel de soufre	72,8
Sulfure de cadmium	73,3
Biiodure de mercure	73,7
Soufre lavé	70,4
Iodure de plomb	74,1
Sulfate de chaux	74,2
Sulfure de zinc	74,4
Carbonate de zinc	74,8
Sulfate de baryte	75,0

Sucre commun	75,4
Sulfure de cuivre	76,5
Iodure de cuivre	76,5
Oxyde rouge de fer	76,8
Chlorure d'argent (noir)	77,3
Phosphore amorphe	78,0
Oxyde de cobalt	7,82
Sulfure de fer	78,5
Oxyde noir de fer	79,7
Platine noir	89,0

Les transmissions cette fois sont plus faibles que lorsqu'on employait le ciment de soufre. Je ne pense pas cependant que les différences puissent être attribuées à ce ciment; elles viennent probablement d'une légère source d'erreur qui n'existait pas dans les expériences précédentes.

Le sel gemme manifeste son maximum de pouvoir transmissif pour la chaleur émise par le platine noir; ce qui nous conduirait à admettre un maximum de dissonance entre les périodes de vibration du sel gemme et celles du platine noir. On remarquera aussi que, en règle générale, la chaleur du radiateur plus puissant est transmise plus abondamment par le cristal de roche que celle du radiateur moins puissant. Pour mieux faire ressortir ce fait, j'ai, dans le tableau III, joint à la transmission la radiation totale correspondante. Les seules exceptions saillantes à la règle énoncée sont signalées par un astérisque. Ce résultat, il me semble, est évidemment celui

qu'on pouvait prévoir; car on doit s'attendre à voir le caractère qui rend la molécule d'une substance apte à vibrer en plus grande quantité, influencer aussi sa vitesse d'oscillation. De là résulte, en général, une plus grande dissonance entre les périodes de vibration de deux bons ou de deux mauvais radiateurs qu'entre les périodes d'un bon et d'un mauvais radiateur; or, plus la dissonance est grande, moins grande sera l'absorption : voilà pourquoi, en ce qui regarde la transmission à travers le cristal de roche, nous sommes en droit de nous attendre à voir les radiateurs puissants trouver une porte plus grande ouverte à leur émission que les radiateurs moins puissants; c'est, je l'ai déjà dit, le cas général. Mais il n'est pas de règle sans exception, et l'exception la plus frappante est ici le platine noir, qui, quoique rayonnant médiocre, fait passer à travers le cristal de roche une proportion de chaleur plus grande que toute autre substance connue.

Dans ses dernières recherches, M. Knoblauck examine longuement la diathermancie du sel de roche. Avec la subtilité ordinaire de son esprit il énumère plusieurs sources possibles d'erreur, et avec son habileté accoutumée il les exclut ou les neutralise. Sa conclusion est celle de Melloni, c'est-à-dire que le sel de roche transmet en même proportion toutes les sortes de chaleurs. Dans le camp opposé nous trouvons les expériences de MM. de la Provostaye et Desains, et Balfour-Stewart, * qui ont été

* Je pense que l'importante expérience du sel de roche rayonnant au travers du sel de roche exécutée d'abord par M. Balfour-Stewart

discutées par M. Knoblauck. Il n'est pas d'accord avec ces expérimentateurs, tandis que mes résultats leur sont favorables. Si l'on considère l'augmentation lente de transmission que les tables précédentes révèlent, et le nombre considérable de corps dont la chaleur est transmise à peu près dans la même proportion, il est aisé de voir, que si l'on restreignait le nombre des rayonnants soumis à l'expérience, on verrait se produire une telle uniformité de transmission que l'on se trouverait amené aux conclusions de Melloni ou de M. Knoblauck. C'est seulement par la sélection et la multiplication des substances prises pour rayonnants, que les différences ressortent avec la netteté que l'on constate dans les tableaux précédents.

Les différences au point de vue de la qualité, et l'absence d'une diathermancie parfaite dans le cristal de roche, se montrent plus évidentes lorsqu'au lieu de la transmission on prend l'absorption. Dans le cas, par exemple, de la radiation émise par le sel de roche pulvérisé 37,2 0/0 de la radiation totale sont interceptés par la plaque de sel gemme. Suivant Melloni, 7 à 8 0/0 des rayons interceptés sont perdus par la réflexion sur les deux surfaces du sel ; ce qui laisserait en nombre rond à 30 0/0 l'absorption par le sel de roche. Dans le cas du noir de platine l'absorption déduite de la même manière n'est plus

suffit à elle seule à démontrer de la manière la moins équivoque que cette substance n'est pas également perméable à toutes les sortes de rayons.

Digitized by Google

que de 4 0/0 de la radiation totale. Loin donc que la radiation de ces deux sources soit absorbée dans la même proportion, le rapport, dans l'un des cas, est sept fois plus grand que dans l'autre. Pour mieux mettre ce fait en évidence réunissons, dans un tableau, quelques absorptions déterminées de cette manière :

Tableau V.

Radiation au travers du sel de roche.

Source	Absorption
Platine noir	3,7
Oxyde noir de fer	13,0
Oxyde rouge de fer	15,9
Sucre	17,3
Chlorure d'argent	22,6
Sel de roche	29,9

Ces différences d'absorption sont assez grandes pour que chaque expérimentateur puisse se convaincre lui-même avec la plus grande facilité de l'imperméabilité inégale du sel de roche ; et cette facilité de démonstration contribuera, j'en suis sûr, à rendre les physiciens unanimes sur ce point important.

La théorie seule nous conduirait à cette conclusion que le pouvoir absorbant des substances désignées dans le tableau 1 est proportionnel à leur pouvoir rayonnant ;

Digitized by Google

cependant il ne sera pas inutile de demander à quelques expériences d'absorption directe la confirmation de celles du tableau. J'y ai procédé de la manière suivante : AB est

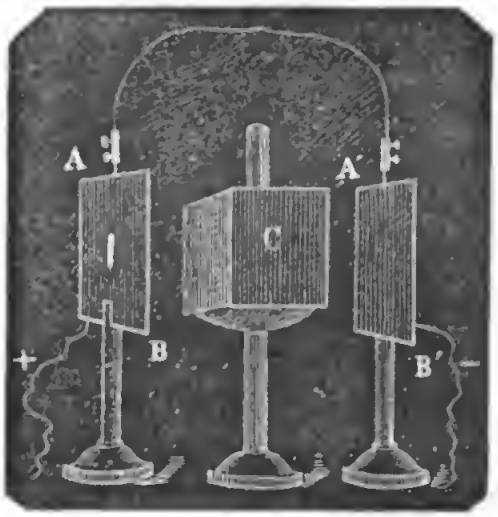


Fig. 11.

une feuille de fer blanc ordinaire, haute de 125, large de 100 millimètres, fixée sur un support convenable. Au dos de la feuille AB, on soude l'extrémité d'un petit barreau de bismuth ; le reste du barreau, vers son extrémité libre, est défendu du contact de la plaque par un petit morceau de carton. A l'extrémité libre du bismuth on soude un fil de cuivre que l'on puisse relier à un galvanomètre. A'B' est une seconde plaque de métal semblable en tout à AB. On unit les deux plaques par un fil conducteur. C est un cube contenant de l'eau bouillante et placé à égale distance des plaques de métal.

On revêt d'abord de noir de fumée les deux plaques ; les deux surfaces du cube qui rayonnent sur les deux

Digitized by Google

plaques sont enduites de la même manière. Les rayons de C émis également à droite et à gauche, et également absorbés par les plaques AB, A'B' échauffent ces plaques au même degré; il résulte évidemment de cet arrangement que si les jointures thermo-électriques sont également sensibles, le courant engendré sur l'une doit neutraliser exactement le courant de l'autre. C'est, en effet, ce qui a lieu, du moins très-approximativement. Il est très-difficile de réaliser deux jointures qui aient également la même sensibilité; mais en diminuant de l'épaisseur d'un cheveu la distance de la plaque la plus faible au cube C, on arrive à neutraliser exactement la radiation de la plaque opposée. Cela posé, mon but était de comparer l'enduit au noir de fumée de la plaque AB avec une série d'autres enduits placés successivement sur l'autre plaque. Les derniers enduits étaient formés des poudres déjà employées, et elles étaient maintenues sur la plaque A'B' par leur propre adhérence.

Lorsque AB était revêtue de noir de fumée et A'B' de poudre de sel gemme, l'équilibre observé quand les deux plaques étaient revêtues de noir de fumée ne subsiste plus. Le noir de fumée, par son absorption plus grande, chauffe davantage la soudure de bismuth; et il se produit en faveur du noir de fumée une déviation de 59°. On substitue alors au sel de roche d'autres poudres, et l'on détermine de la même manière la différence entre elles et le noir de fumée. Par exemple, lorsqu'on employait le sulfure de fer, la déviation était de 30° en faveur du noir de fumée. Les résultats obtenus avec six poudres

différentes comparées tour à tour au noir de fumée sont données dans le tableau suivant :

TABLEAU VI.

Excès du noir de fumée sur le sel de roche	59°	=	112 unités.
Le spath fluor	46	=	68
Oxyde rouge de plomb	40	=	45
Oxyde de cobalt	37	=	42
Sulfure de fer	30	=	30

L'ordre d'absorption de cette table coïncide évidemment avec l'ordre de radiation des mêmes substances dans le tableau III. Mais nous pouvons ne pas nous contenter de mettre en évidence le simple ordre d'absorption. En écartant la plaque opposée, et laissant la plaque étalon au noir de fumée exercer sa pleine action sur le galvanomètre, la déviation observée devient 55° ou 153 unités. Les nombres du tableau VI nous donnent les excès du noir de fumée sur les autres substances essayées. Retranchant, par conséquent, les nombres de la table VI de 163, absorption totale du noir de fumée, nous obtiendrons une nouvelle série de nombres qui expriment les absorptions des autres substances. Voici cette série :

TABLEAU VII.

Sel de roche, absorp. relative,	51 — 25,5	Radiation	25
Spath fluor	95 — 47,5	=	49

Oxyde rouge de plomb....	118	— 59,0	=	57
Oxyde de cobalt.....	121	— 60,5	=	62
Sulfure de fer.....	133	— 66,5	=	66

La première colonne de chiffres exprime les absorptions relatives; pour les comparer avec les radiations correspondantes, j'ai placé les moitiés de ces nombres dans la seconde colonne, et dans la troisième, les radiations prises dans le tableau II. On voit que les nombres de la troisième colonne diffèrent de ceux de la seconde.

Clichy. — Imprimerie Maurice Loignon et Cᵉ, rue du Bac-d'Asnières, 12

751

LIBRAIRIE DE GAUTHIER-VILLARS,

SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER

QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55, A PARIS

BILLET (F.). Professeur de Physique à la Faculté des Sciences. — **Traité d'Optique physique.** [illegible]

DELAISTRE (L.), Professeur de Dessin [illegible]. — **Cours [illegible] Dessin linéaire, gradué et progressif,** [illegible] Architecture, le Lavis, les Plans et Nivellement, le Frottis-Cartes géographiques, les Natures aux Architectes, le Dessin industriel, la Perspective [illegible], le Tracé Ombres et l'étude de Lavis. *Quatre Portefeuilles* [illegible] ou pages de texte [illegible] à deux colonnes, [illegible] sur papier [illegible].

Prix du Cours complet cartonné [illegible]

DIEN. — **Atlas céleste,** [illegible] plus de [illegible] Étoiles et [illegible] la table de [illegible] principales gravures sur cuivre [illegible] *Introduction* par M. [illegible], Membre de l'Institut, [illegible]

Prix : Cartonné, [illegible] francs [illegible]

Relié avec [illegible] [illegible]

DU MONCEL (Th.), Ingénieur [illegible] de l'Administration des Lignes télégraphiques. — **Notice sur l'appareil à manchon magnétique de Nickoff.** 5 [illegible], avec [illegible] [illegible]

DU MONCEL (Th.), Ingénieur [illegible] de l'Administration des Lignes télégraphiques. — **Traité théorique et pratique de Télégraphie électrique** à l'usage des Ingénieurs télégraphistes, des Inventeurs, des Chercheurs et des Industriels. Vol. [illegible] de [illegible] pages, [illegible] dans le Mode de 3 [illegible] sur cuivre, imprimé sur papier [illegible] 1884. [illegible]

FLAMMARION (Camille), Astronome. — **Études et Lectures sur l'Astronomie.** [illegible] avec une Carte [illegible] 1887. [illegible]

Ce volume est le premier d'une série qui aura pour but de faire connaître les *Études et Lectures sur les Sciences d'observation*, par M. [illegible], qui [illegible] des, mais aussi [illegible] accessible à tous les [illegible] nouveaux et des découvertes les plus importantes de l'Astronomie. Ce volume contient entre autres : *Le Soleil*, [illegible] *L'Astronomie de Rio et Ceylan*, [illegible] *L'Astronomie* [illegible] 1887. — *L'Astronomie de Paris* [illegible]

GRANDEAU (L.), Docteur ès Sciences, et **TROOST** (L.), [illegible] Physique à la Faculté des Lettres de Bordeaux. — **Traité pratique d'Analyse chimique,** par E. **WIEDLER**, Professeur de Chimie [illegible] Ancien Président de l'Institut de France. Édition [illegible] publiée [illegible] Auteur, [illegible] pour [illegible] dans le texte et une [illegible] sur cuivre, 1886. [illegible]

HUGGINS (William). — **Analyse spectrale des corps célestes,** [illegible] par M. [illegible] MILLINO, In-18 jésus, avec [illegible] 1884. [illegible]

IMPRIMERIE DE GAUTHIER-VILLARS, SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER.
Paris, rue de Seine-Saint-Germain, 10, près l'Institut.